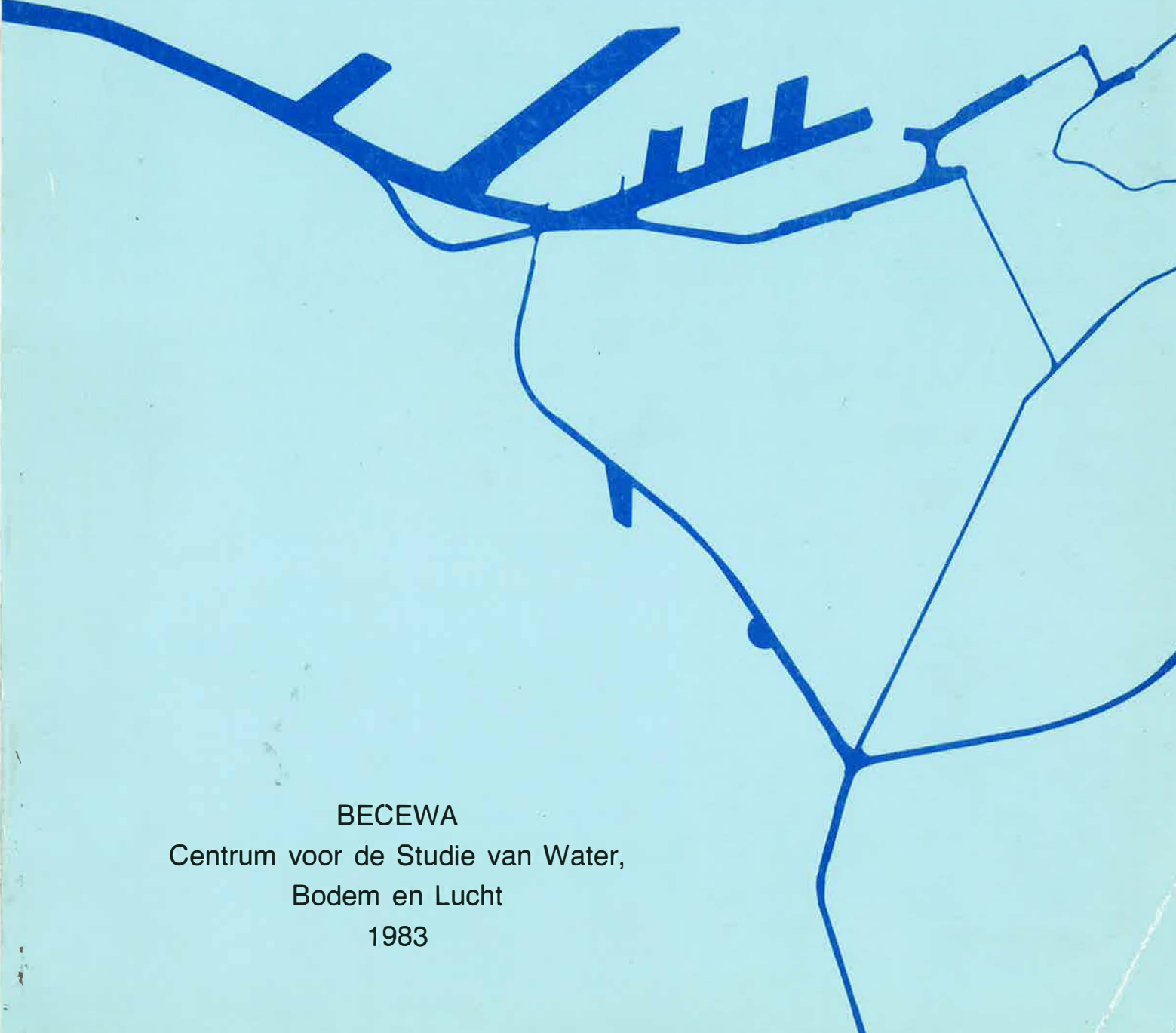


TGO 81107

# OPPERVLAKTEWATERSTUDIE VAN HET KANAAAL GENT-TERNEUZEN



BECEWA  
Centrum voor de Studie van Water,  
Bodem en Lucht  
1983

BECEWA  
CENTRUM VOOR DE STUDIE VAN WATER  
BODEM EN LUCHT v.z.w.  
Krijgslaan 281      9000 GENT

OPPERVLAKTEWATERSTUDIE  
VAN HET  
KANAAL GENT-TERNEUZEN

Opdrachtgever :  
MINISTER VAN DE VLAAMSE GEMEENSCHAP

M. VERCRUYSSSE

Leiding : Prof. Dr. W. DE BREUCK

## V O O R W O O R D

In 1981 gelastte de Minister van de Vlaamse Gemeenschap, op verzoek van het Provinciebestuur van Oost-Vlaanderen, het Centrum voor de Studie van Water, Bodem en Lucht, v.z.w., BECEWA, een studie uit te voeren over de oppervlaktewaters in de Gentse Kanaalzone.

De opdracht bestond erin zoveel mogelijk gegevens te verzamelen, deze aan te vullen met nieuwe metingen en alles tot een samenhangend geheel te verwerken. Verwacht werd dat deze studie een overzicht zou geven van de huidige toestand en de evolutie van de waterhuishouding en de kwaliteit van de oppervlaktewaters, waarop de overheid zijn beleidsopties zou kunnen steunen.

Wij hopen dat dit rapport, een resultaat van twee jaar intensief werk, aan de verwachtingen beantwoordt en dat het als basisdokument zal dienen voor verder onderzoek en het nemen van beslissingen.

Bij het neerleggen van deze studie vermelden we dat talrijke openbare diensten, ook uit Nederland, en private maatschappijen hebben medegewerkt. Zonder afbreuk te willen doen aan de inbreng van de vele anderen, zouden we hiervoor onze dank willen betuigen aan de Heer ir. P. VANSTEEELANDT van het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Dienst Natuurlijke Rijkdommen en Energie, Mevrouw ir. Y. KREPS-HEYNDRIKX, hoofd-ingenieur-direkteur van Bruggen en Wegen en ir. R. ROMAN, e.a. ingenieur van Bruggen en Wegen van het Ministerie van Openbare Werken, Bestuur der Waterwegen, Dienst van het Stroomgebied der Schelde, de Heer J. HEYLEN van de Dienst voor hydrologisch Onderzoek, de Heer R. MICHIELS van de Provinciale Technische Dienst van Oost-Vlaanderen en de Heren J. MEERTENS en J.A. DE ROOS van de Rijkswaterstaat, directie Zeeland (Nederland).

Voor de verwerking van de gegevens is beroep gedaan op de kennis en de medewerking van Dr. M. DEPRET, Lic. C. LANDUYDT, Lic. B. RAMAN, Lic. Ph. VAN BURM en dhr. J. BEECKMAN. Bij de vormgeving en afwerking werd medewerking verleend door Mevr. L. KERSCHAEVER, Dr. L. WALSCHOT, Dhr. F. DE LEEUW, Mevr. Y. MEYSKENS en dhr. G. SCHAECK.

Wij hopen dat de inspanning van alle medewerkers zal geleid hebben tot een dokument dat op verschillende gebieden zal gebruikt worden.

Gent, 28 november 1983.



# I N H O U D

VOORWOORD .....	I
INHOUD .....	III
TABELLEN .....	XI
FIGUREN .....	XIV
I. INLEIDING .....	1
1. Totstandkoming van het onderzoeksprojekt .....	1
2. Doel .....	2
3. Uitvoering van de studie .....	4
II. HISTORIEK .....	6
1. Inleiding .....	6
1.1. De Lieve .....	7
1.2. De Sassevaart .....	7
1.3. De Brugse Vaart .....	7
2. Het kanaal Gent-Terneuzen .....	8
III. VOEDINGSWATERS VAN HET KANAAL GENT-TERNEUZEN .....	18
1. Algemeen .....	18
2. Verdeling en afvoermogelijkheden van het Leie- en Scheldewater .....	25
2.1. Leie .....	25
2.2. Afleidingskanaal van de Leie .....	29
2.3. Kanaal Gent-Oostende .....	30
2.4. Schelde .....	30
2.5. Ringvaart .....	31
2.6. Zeeschelde .....	32
3. Perioden met onvoldoende wateraanvoer te Gent en te nemen maatregelen of voorstellen .....	32
4. Perioden van overtollige wateraanvoer te Gent en te nemen maatregelen of voorstellen .....	36
5. Te verwachten effect van de lozing van het ef- fluent van het waterzuiveringsstation van Gent in de Gentse binnenwateren en van de voeding van het kanaal via de Ringvaart .....	42

IV.	INFRASTRUKTUUR VAN HET KANAAL GENT-TERNEUZEN ....	44
	1. Profielen en oeververbindingen .....	44
	2. Verbinding van het kanaal Gent-Terneuzen met de Westerschelde .....	48
	2.1. Westsluis .....	48
	2.1.1. Technische beschrijving .....	48
	2.1.2. Mechanisme van het binnendringen van zout water aan de Westsluis te Terneuzen .....	55
	2.2. Middensluis .....	61
	2.3. Oostsluis .....	62
V.	GEBRUIK VAN HET KANAALWATER DOOR DE INDUSTRIE ...	64
VI.	SLIBKWALITEIT IN HET KANAAL GENT-TERNEUZEN .....	69
	1. Samenstelling van het kanaalslib .....	69
	2. Elueerbare elementen in kanaalslib .....	77
	2.1. Vers kanaalslib .....	78
	2.2. Gestort kanaalslib .....	83
	3. Grondwaterkwaliteit nabij een stort van ka- naalslib .....	88
	4. Overeenstemming tussen de grondwaterkwaliteit en de te verwachten kwaliteit op basis van de elueerbaarheidsproeven .....	89
	5. Assen van kanaalslibverbranding .....	91
	5.1. Samenstelling .....	91
	5.2. Elueerbaarheid .....	92
	6. Besluit .....	94
VII.	ANALYSERESULTATEN VAN HET GRONDWATERONDERZOEK ...	96
VIII.	ANALYSERESULTATEN VAN HET AANVULLEND ONDERZOEK ..	100
	1. Kontraktuele bepalingen .....	100
	2. Reële uitvoering .....	100
IX.	INTERPRETATIE VAN DE GEGEVENS .....	110
	1. Inleiding .....	110
	1.1. Herkomst van de gegevens .....	110
	1.1.1. BECEWA .....	110

1.1.2. Openbare diensten .....	111
1.1.3. Industrieën .....	112
1.2. Verwerking van de gegevens .....	112
1.2.1. Parameters, neerslag of debiet in functie van de tijd .....	118
1.2.2. Gemiddelde per maand van een para- meter, van de neerslag of van het debiet .....	118
1.2.3. Parameter in functie van een ande- re parameter of van het debiet ...	119
1.2.4. Parameter in functie van plaats en diepte .....	119
1.2.5. Parameter in functie van de plaats	120
1.2.6. Kleurindex .....	120
2. Neerslag .....	123
3. Debiet in het kanaal Gent-Terneuzen .....	124
3.1. Aard van de gegevens .....	124
3.2. Debiet op een bepaalde plaats .....	125
3.2.1. Evaporatie - neerslag .....	126
3.2.2. Infiltratie .....	127
3.2.3. Voeding aan de sluis te Evergem en lozingen en afnamen door bedrijven	128
3.2.4. Voeding en verliezen door stroom- bekkens .....	128
3.2.5. Besluit .....	130
3.3. Verloop debiet - tijd .....	131
3.3.1. $D_{\text{Tolhuis}}$ .....	131
3.3.2. $D_{\text{Terneuzen}}$ .....	133
3.4. Gemiddeld debiet per maand .....	134
4. Chloride .....	137
4.1. Inleiding .....	137
4.2. Verloop van het chloridegehalte in de tijd .....	137
4.2.1. Kanaal Gent-Terneuzen .....	137
4.2.2. Moervaart .....	145
4.2.3. Westerschelde .....	148
4.3. Gemiddeld chloridegehalte per maand .....	150
4.4. Verloop van het chloridegehalte in af- stand en diepte in het kanaal Gent-Ter- neuzen .....	154

4.5. Verband chloridegehalte - debiet Tolhuis- stuw .....	163
4.5.1. Beperkingen .....	163
4.5.2. Korrelaties .....	165
4.5.3. Korrelaties van de globale periode 12/68-12/82 en voorspellingen ....	167
4.6. Verloop in de tijd in de wateraanvoerende waterlopen .....	176
4.7. Onderzoek van de mogelijkheden om het zoutbezwaar te beperken .....	178
4.7.1. Uitbreiding van de zoutkom .....	178
4.7.2. Plaatsen van een afzonderlijk spuikanaal .....	178
4.7.3. Optimalisatie van het spuiprogram- ma .....	178
4.7.4. Effekt van het luchtbellenscherm .	179
4.7.5. Gebruik van de deelkolken .....	179
4.7.6. Beweegbare drempel .....	180
4.7.7. Zout- en zoetwateruitwisseling binnen de kolk .....	180
4.7.8. Besluit .....	180
5. Kwaliteitsindex .....	181
6. Toelichting bij de bespreking van de resul- taten .....	187
6.1. Parameter in verloop van de tijd .....	187
6.2. Gemiddelde van de parameter per maand ...	188
6.3. Parameter in de afstand .....	188
6.4. Korrelatie parameter-debiet .....	188
6.5. Parameter in de diepte .....	189
7. Zuurtegraad .....	190
7.1. Verloop in de tijd .....	190
7.2. Gemiddelde per maand .....	191
7.3. Verloop in de afstand .....	191
7.4. pH per diepte-interval .....	192
7.5. Verloop in de tijd in de wateraanvoerende waterlopen .....	192
7.6. Besluit .....	193

8. Opgeloste zuurstof .....	194
8.1. Verloop in de tijd .....	194
8.2. Gemiddelde per maand .....	196
8.3. Verloop in de afstand .....	196
8.4. Korrelatie opgeloste zuurstof - debiet ..	202
8.5. Verloop in de diepte .....	202
8.6. Verloop in de tijd in de wateraanvoerende waterlopen .....	203
8.7. Kwaliteitsindex .....	205
8.8. Besluit .....	208
9. Biochemisch zuurstofverbruik .....	209
9.1. Verloop in de tijd .....	209
9.2. Gemiddelde per maand .....	211
9.3. Verloop in de afstand .....	212
9.4. Korrelatie BOD - debiet .....	214
9.5. Verloop in de diepte .....	215
9.6. Verloop in de tijd in de wateraanvoerende waterlopen .....	215
9.7. Kwaliteitsindex .....	217
9.8. Besluit .....	217
10. Chemisch zuurstofverbruik .....	220
10.1. Verloop in de tijd .....	220
10.2. Gemiddelde per maand .....	220
10.3. Verloop in de afstand .....	222
10.4. Korrelatie COD - debiet .....	224
10.5. Verloop in de diepte .....	224
10.6. Verloop in de tijd in de wateraanvoe- rende waterlopen .....	225
10.7. Kwaliteitsindex .....	227
10.8. Besluit .....	227
11. Ammoniakale stikstof .....	230
11.1. Verloop in de tijd .....	230
11.2. Gemiddelde per maand .....	232
11.3. Verloop in de afstand .....	233
11.4. Korrelatie $\text{NH}_3\text{-N}$ - debiet .....	233
11.5. Verloop in de diepte .....	234
11.6. Verloop in de tijd in de wateraanvoe- rende waterlopen .....	235

11.7. Kwaliteitsindex .....	236
11.8. Besluit .....	236
12. Nitraatstikstof .....	239
12.1. Verloop in de tijd .....	239
12.2. Gemiddelde per maand .....	241
12.3. Verloop in de afstand .....	243
12.4. Korrelatie $\text{NO}_3\text{-N}$ - debiet .....	244
12.5. Verloop in de tijd in de wateraanvoe- rende waterlopen .....	245
12.6. Kwaliteitsindex .....	246
12.7. Besluit .....	248
13. Temperatuur .....	249
13.1. Verloop in de tijd .....	249
13.2. Gemiddelde per maand .....	250
13.3. Verloop in de afstand .....	251
13.4. Verloop in de diepte .....	253
13.5. Verloop in de tijd in de wateraanvoe- rende waterlopen .....	253
13.6. Besluit .....	253
14. Totaal fosfaat .....	254
14.1. Verloop in de tijd .....	254
14.2. Gemiddelde per maand .....	255
14.3. Verloop in de afstand .....	256
14.4. Verloop in de tijd in de wateraanvoe- rende waterlopen .....	256
14.5. Besluit .....	257
15. Geleidbaarheid .....	258
15.1. Verloop in de tijd .....	258
15.2. Gemiddelde per maand .....	259
15.3. Verloop in de afstand .....	260
15.4. Korrelatie geleidbaarheid - debiet ....	262
15.5. Verloop in de diepte .....	264
15.6. Verloop in de tijd in de wateraanvoe- rende waterlopen .....	264
15.7. Kwaliteitsindex .....	265
15.7.1. Geleidbaarheid .....	265
15.7.2. Chloride .....	266

15.8. Besluit .....	269
16. Sulfaten .....	270
16.1. Verloop in de tijd .....	270
16.2. Gemiddelde per maand .....	271
16.3. Verloop in de afstand .....	272
16.4. Korrelatie sulfaten - debiet .....	273
16.5. Verloop in de diepte .....	274
16.6. Verloop in de tijd in de wateraanvoe- rende waterlopen .....	275
16.7. Besluit .....	275
17. Magnesium .....	276
17.1. Verloop in de tijd .....	276
17.2. Gemiddelde per maand .....	277
17.3. Verloop in de afstand .....	277
17.4. Korrelatie magnesium - debiet ,.....	279
17.5. Verloop in de diepte .....	280
17.6. Besluit .....	280
18. Totale hardheid .....	281
18.1. Verloop in de tijd .....	281
18.2. Gemiddelde per maand .....	281
18.3. Verloop in de afstand .....	283
18.4. Korrelatie totale hardheid - debiet ,..	284
18.5. Verloop in de diepte .....	285
18.6. Verloop in de tijd in de wateraanvoe- rende waterlopen .....	286
18.7. Besluit .....	286
19. Natrium .....	287
20. Lood .....	288
20.1. Verloop in de tijd .....	288
20.2. Verloop in de afstand .....	289
20.3. Besluit .....	290
21. Verband tussen verschillende parameters .....	291
21.1. BOD - COD .....	291
21.2. BOD - opgeloste zuurstof .....	292
21.3. $\text{NO}_3\text{-N}$ - $\text{NH}_3\text{-N}$ .....	293
21.4. $\text{NO}_3\text{-N}$ - $\text{O}_2$ .....	294

21.5. Geleidbaarheid - magnesium .....	296
21.6. Geleidbaarheid - totale hardheid .....	297
21.7. Magnesium - totale hardheid .....	298
21.8. Geleidbaarheid - sulfaat .....	299
21.9. Sulfaat - chloride .....	300
21.10. Geleidbaarheid - chloride .....	301
21.11. Geleidbaarheid - natrium .....	303
21.12. Natrium - chloride .....	304
X.      SAMENVATTING EN BESLUITEN .....	306
REFERENTIES .....	314



T A B E L L E N

1. Gemiddelde maandelijks debieten van de Leie te Sint-Eloois-Vijve.
2. Gemiddelde maandelijks debieten van de Leie (L), de Bovenschelde (BS) en het totaal ervan (T) te Gent.
3. Afvoer en verdeling van het Leie- en Scheldewater te Gent van 15.01.81 tot 16.01.81.
4. Lijst van de gekontakteerde bedrijven in de Gentse kanaalzone.
5. Kwaliteit van het slib bemonsterd tussen de Tolhuisstuw en de Belgisch-Nederlandse grens. Onderzoek uitgevoerd door BECEWA.
6. Kwaliteit van het slib bemonsterd tussen de Belgisch-Nederlandse grens en Terneuzen (mg/kg D.S.). Onderzoek uitgevoerd door de Rijkswaterstaat (1979-1980).
7. Kwaliteit van het slib bemonsterd tussen de Tolhuisstuw en de Belgisch-Nederlandse grens (mg/kg D.S.). I.H.E.-onderzoek (1977).
8. Semi-kwantitatieve analyses van de kwaliteit van het slib bemonsterd tussen de Tolhuisstuw en de Belgisch-Nederlandse grens. Onderzoek uitgevoerd door het I.S.O. (1977).
9. Samenvatting van de gemiddelde kwaliteit van kanaalslib, slibkwaliteit van waterzuiveringsstations en concentraties in landbouwgrond (mg/kg D.S.).
10. Normen voor het gebruik van slib in de landbouw.
11. Richtnormen voor de kwaliteit van irrigatiewater, gemiddelde Oostvlaamse grondwaterkwaliteit en EEG richtlijnen voor de drinkwaterkwaliteit.
12. Bepaling van de elueerbare bestanddelen na 1 uur elueren (mg/l slib). Onderzoek uitgevoerd door het Rijksstation voor Sierplantenteelt (1977).
13. Bepaling van de elueerbare bestanddelen na opeenvolgende elueringen (mg/l slib). Onderzoek uitgevoerd door het Rijksstation voor Sierplantenteelt (1977).

14. Bepaling van elueerbare bestanddelen uit landbouwgrond na opeenvolgende elueringen (mg/l landbouwgrond).
15. Elueerbaarheid op verschillende diepten van gestort kanaalslib (1979).
16. Elueerbaarheid op verschillende plaatsen van gestort kanaalslib (1979).
17. Grondwaterkwaliteit nabij een stort van kanaalslib.
18. Vergelijkende samenstelling van kanaalslib en van de assen ervan (1979).
19. Elueerbaarheid van de assen van kanaalslib door roeren (mg/l eluaat) (1979).
20. Elueerbaarheid van de assen van kanaalslib door eluering over een kolom (mg/l eluaat) (1979).
21. Vergelijkend onderzoek naar de elueerbaarheid van kanaalslib en de assen ervan bij verschillende pH-waarden (mg/kg D.S.) (1979).
22. Analyseresultaten van de kwaliteit van het grondwater in de Gentse kanaalzone.
23. Vergelijking van zuurstofgehalte en temperatuur vóór en na de Tolhuisstuw.
24. Analyseresultaten van de kwaliteit van het oppervlaktewater van het kanaal (BECEWA).
25. Aantal verwerkte analyses per waterloop en per parameter en aantal verwerkte staalnamen per waterloop.
26. Indeling van het kanaal Gent-Terneuzen in vakken en de Lambert-coördinaten ervan.
27. Indeling in vakken van de wateraanvoerende waterlopen van het kanaal Gent-Terneuzen en de Lambert-coördinaten ervan.
28. Correctie op  $D_{\text{Tolhuis}}$  ter hoogte van de Belgisch-Nederlandse grens voor evaporatie en neerslag.
29. Gemiddelde voeding of verlies per kwartaal door de hydrografische bekkens die afwateren in het kanaal Gent-Terneuzen.
30. Zoetste en zoutste maanden en maanden waarin het chloridegehalte duidelijk stijgt of daalt.
31. Korrelatie chloridegehalte- $D_{\text{Tolhuis}}$  voor de periode 12/68-12/82.

32. Vergelijking van de waargenomen en de uit de korrelatie 12/68-12/82 voorspelde gemiddelde jaarkoncentraties van het chloridegehalte.
33. Chloridegehalte in de wateraanvoerende waterlopen t.o.v. de tijd.
34. Opgeloste zuurstof in het kanaal per vak t.o.v. de tijd (0-5 m).
35. Opgeloste zuurstof per vak en per diepte-interval (12/68-12/82).
36. Gemiddeld zuurstofgehalte in alle kanaalvakken in België per kwartaal en per diepte-interval (12/68-12/82).
37. Opgeloste zuurstof per vak en per diepte-interval (11/80-2/83).
38. Gemiddeld zuurstofgehalte in alle kanaalvakken in België (11/80-2/83).
39. Opgeloste zuurstof in de wateraanvoerende waterlopen t.o.v. de tijd.
40. BOD in het kanaal per vak t.o.v. de tijd (0-5 m).
41. BOD in de wateraanvoerende waterlopen t.o.v. de tijd.
42. COD in het kanaal per vak t.o.v. de tijd (0-5 m).
43. COD in de wateraanvoerende waterlopen t.o.v. de tijd.
44.  $\text{NH}_3\text{-N}$  in het kanaal per vak t.o.v. de tijd (0-5 m).
45.  $\text{NH}_3\text{-N}$  in de wateraanvoerende waterlopen t.o.v. de tijd.
46.  $\text{NO}_3\text{-N}$  in het kanaal per vak t.o.v. de tijd (0-5 m).
47.  $\text{NO}_3\text{-N}$ ,  $\text{NH}_3\text{-N}$  en opgeloste zuurstof in het kanaal per vak en per kwartaal (0-5 m).
48.  $\text{NO}_3\text{-N}$  in de wateraanvoerende waterlopen t.o.v. de tijd.
49. Temperatuur in het kanaal per vak t.o.v. de tijd (0-5 m).
50. Totaal fosfaat in het kanaal per vak t.o.v. de tijd (0-5 m).
51. Totaal fosfaat in de wateraanvoerende waterlopen t.o.v. de tijd.
52. Geleidbaarheid in de wateraanvoerende waterlopen t.o.v. de tijd.
53. Verhouding geleidbaarheid-chloride per vak voor verschillende chloridekoncentraties.

F I G U R E N

1. Het streven van Gent naar de zee in de Middeleeuwen.
2. Gent op zoek naar de zee (16e-18e eeuw).
3. De evolutie van het kanaal Gent-Terneuzen.
4. Inplanting van de Tolhuisstuw.
5. Detail van de Tolhuisstuw.
6. Kaart van het kanaal Gent-Terneuzen, de waterlopen en de hydrografische bekkens.
7. Mogelijkheden van afvoer en verdeling van het Leie- en Scheldewater.
8. Gentse binnenwateren, doortocht en de verschillende panden.
9. Gemiddeld debiet per maand van de Leie te Sint-Eloois-Vijve (1955-1978) en van de Leie en de Bovenschelde te Gent (1955-1976).
10. Afvoer en verdeling van het Leie- en Scheldewater van 17.11.74 tot 18.11.74.
11. Afvoer en verdeling van het Leie- en Scheldewater van 15.01.81 tot 16.01.81.
- 12a. Plan van het kanaal Gent-Terneuzen.
- 12b. Dwarsprofielen van het kanaal Gent-Terneuzen.
13. Inplanting van de sluizen te Terneuzen.
14. Plan van de Westsluis te Terneuzen.
15. Gemiddelde tijkrommen te Terneuzen in de periode 1961-1970.
16. Dieptemetingen van de zoutkom te Terneuzen in maart-april 1982.
17. Indringen van het zout water aan de sluizen en het spuien ervan.
18. Factoren bepalend voor de zoutbelasting.
19. Zout-zoet wateruitwisseling kort na het openen van de sluisdeuren.
20. Vertraging van de zout-zoet wateruitwisseling door het gebruik van luchtbellenschermen.

21. Spuien van het zout water met en zonder zoutkom.
22. Plan van de Middensluis te Terneuzen.
23. Plan van de Oostsluis te Terneuzen.
- 24a. Monsternameplaatsen van het slib en van het grondwater op de stortplaats van de Lange Akkers.
- 24b. Elueerbaarheid van slib op verschillende plaatsen en diepten van een slibstort.
25. Meetpunten van de staalnamen in het kanaal.
- 26a. Indeling van het kanaal Gent-Terneuzen in vakken.
- 26b. Indeling van de wateraanvoerende waterlopen in vakken.
27. Verloop van het maandelijks neerslaggemiddelde in de tijd te Zelzate.
28. Gemiddelde neerslag per maand te Zelzate (1/61-2/82).
29. Verloop van het debiet aan de Tolhuisstuw in de tijd.
30. Verloop van het debiet te Terneuzen in de tijd.
31. Gemiddeld debiet per maand aan de Tolhuisstuw in de periode 1/51-12/82).
32. Gemiddeld debiet per maand aan de Tolhuisstuw in de periode 1/51-12/60.
33. Gemiddeld debiet per maand aan de Tolhuisstuw in de periode 1/61-11/68.
34. Gemiddeld debiet per maand aan de Tolhuisstuw in de periode 12/68-9/74.
35. Gemiddeld debiet per maand aan de Tolhuisstuw en te Terneuzen in de periode 10/74-12/82.
36. Chloridegehalte in de tijd in vak 0.
37. Chloridegehalte in de tijd in vak 4.
38. Chloridegehalte in de tijd in vak 8.
39. Chloridegehalte in de tijd in vak 9.
40. Chloridegehalte in de tijd in vak 11.
41. Chloridegehalte in de tijd in vak 18.
42. Chloridegehalte in de tijd in het referentiepunt.
- 43-46. Verloop van het maandgemiddelde van het chloridegehalte in de tijd in verschillende punten van de Moervaart.
47. Verloop van het maandgemiddelde van het chloridegehalte in de tijd in de Zuidlede aan het Provinciaal Domein Puyenbroeck.

48. Verloop van het maandgemiddelde van het chloridegehalte in de tijd in de Westerschelde.
49. Gemiddeld chloridegehalte per maand in vak 4 voor de periode 10/74-12/82.
50. Gemiddeld chloridegehalte per maand in vak 8 voor de periode 10/74-12/82.
51. Gemiddeld chloridegehalte per maand in vak 11 voor de periode 10/74-12/82.
52. Gemiddeld chloridegehalte per maand in vak 18 voor de periode 10/74-12/82.
53. Gemiddeld chloridegehalte per maand in de Westerschelde voor de periode 10/74-12/82.
54. Gemiddelde chlorideconcentratie per kwartaal in de afstand en de diepte in 1973.
55. Gemiddelde chlorideconcentratie per kwartaal in de afstand en de diepte in 1974.
56. Gemiddelde chlorideconcentratie per kwartaal in de afstand en de diepte in 1976.
57. Gemiddelde chlorideconcentratie per kwartaal in de afstand en de diepte in 1982.
58. Gemiddelde chlorideconcentratie per kwartaal in de afstand en de diepte in de periode 10/74-12/82.
59. Verloop van het maandgemiddelde van het debiet aan de Tolhuisstuw voor 1973, 1974, 1976 en 1982.
60. Chloridegehalte t.o.v. de plaats in het kanaal (08/81-2/83).
61. Korrelatie chloridegehalte- $D_{\text{Tolhuis}}$  voor de periode 12/68-12/82 in vak 4.
62. Korrelatie chloridegehalte- $D_{\text{Tolhuis}}$  voor de periode 12/68-12/82 in vak 8.
63. Korrelatie chloridegehalte- $D_{\text{Tolhuis}}$  voor de periode 12/68-12/82 in vak 11.
64. Korrelatie chloridegehalte- $D_{\text{Tolhuis}}$  voor de periode 12/68-12/82 in vak 18.
65. Verloop van het chloridegehalte in de tijd in de Boven-schelde en de Kale.

66. Kwaliteitsindex op basis van pH,  $O_2$ , BOD, COD,  $NH_3-N$ ,  $NO_3-N$ ,  $Cl^-$  en geleidbaarheid (0-5 m).
67. Kwaliteitsindex op basis van pH,  $O_2$ , BOD, COD,  $NH_3-N$ , en  $NO_3-N$  (0-5 m).
68. Verloop van de zuurtegraad in de tijd in het kanaal.
69. Gemiddelde zuurtegraad per maand in het kanaal (12/68-12/82).
70. Verloop van de zuurtegraad in de afstand in het kanaal (12/68-12/82).
71. Verloop van de zuurtegraad in de tijd in de Kale.
72. Verloop van het zuurstofgehalte in de tijd in het kanaal.
73. Gemiddeld zuurstofgehalte per maand in het kanaal (12/68-12/82).
74. Verloop van het zuurstofgehalte in de afstand in het kanaal (12/68-12/82).
75. Verloop van het zuurstofgehalte per kwartaal in de afstand in het kanaal (12/68-12/82).
76. Verloop van het zuurstofgehalte in de afstand in het kanaal (11/80-2/83).
77. Korrelatie opgeloste zuurstof- $D_{Tolhuis}$  (12/68-12/82).
78. Verloop van het zuurstofgehalte in de tijd in de Bovenschelde, de Leie en de Moervaart.
79. Kwaliteitsindex op basis van de opgeloste zuurstof (0-5 m).
80. Kwaliteitsindex op basis van de opgeloste zuurstof (5-10 m).
81. Verloop van de BOD in de tijd in het kanaal.
82. Gemiddelde BOD per maand in het kanaal (12/68-12/82).
83. Verloop van de BOD in de afstand in het kanaal (12/68-12/82).
84. Verloop van de BOD in de afstand in het kanaal (11/80-2/83).
85. Korrelatie BOD ~  $D_{Tolhuis}$  (12/68-12/82).
86. Verloop van de BOD in de tijd in de Bovenschelde, de Leie en de Moervaart.
87. Kwaliteitsindex op basis van het biochemisch zuurstofverbruik (0-5 m).
88. Verloop van de COD in de tijd in het kanaal.
89. Gemiddelde COD per maand in het kanaal (12/68-12/82).

90. Verloop van de COD in de afstand in het kanaal (12/68-12/82).
91. Verloop van de COD in de afstand in het kanaal (11/80-2/83).
92. Verloop van de COD in de tijd in de Bovenschelde, de Leie en de Moervaart.
93. Kwaliteitsindex op basis van het chemisch zuurstofverbruik (0-5 m).
94. Verloop van de ammoniakale stikstof in de tijd in het kanaal.
95. Gemiddelde ammoniakale stikstof per maand in het kanaal (12/68-12/82).
96. Verloop van de ammoniakale stikstof in de afstand in het kanaal (12/68-12/82).
97. Korrelatie  $\text{NH}_3\text{-N}$  -  $D_{\text{Tolhuis}}$  (12/68-12/82).
98. Verloop van de ammoniakale stikstof in de tijd in de Bovenschelde en de Moervaart.
99. Kwaliteitsindex op basis van de ammoniakale stikstof (0-5 m).
100. Verloop van de nitraatstikstof in de tijd in het kanaal.
101. Gemiddelde nitraatstikstof per maand in het kanaal (12/68-12/82).
102. Verloop van de nitraatstikstof in de afstand in het kanaal (12/68-12/82).
103. Korrelatie  $\text{NO}_3\text{-N}$  -  $D_{\text{Tolhuis}}$  (12/68-12/82).
104. Verloop van de nitraatstikstof in de tijd in de Bovenschelde en de Moervaart.
105. Kwaliteitsindex op basis van de nitraatstikstof (0-5 m).
106. Verloop van de temperatuur in de tijd in het kanaal.
107. Gemiddelde temperatuur per maand in het kanaal (12/68-12/82).
108. Verloop van de temperatuur in de afstand in het kanaal (12/68-12/82).
109. Verloop van de temperatuur in de afstand in het kanaal (11/80-2/83).



- 110. Verloop van het totaal fosfaat in de tijd in het kanaal.
- 111. Gemiddeld totaal fosfaat per maand in het kanaal (12/68-12/82).
- 112. Verloop van het totaal fosfaat in de afstand in het kanaal (12/68-12/82).
- 113. Verloop van de geleidbaarheid in de tijd in het kanaal.
- 114. Gemiddelde geleidbaarheid per maand in het kanaal (12/68-12/82).
- 115. Verloop van de geleidbaarheid in de afstand in het kanaal (12/68-12/82).
- 116. Geleidbaarheid in de afstand in het kanaal (11/80-2/83).
- 117. Korrelatie geleidbaarheid -  $D_{\text{Tolhuis}}$  (12/68-12/82).
- 118. Verloop van de geleidbaarheid in de tijd in de Boven-schelde.
- 119. Kwaliteitsindex op basis van de geleidbaarheid (0-5 m).
- 120. Kwaliteitsindex op basis van het chloride (0-5 m).
- 121. Verloop van het sulfaatgehalte in de tijd in het kanaal.
- 122. Gemiddeld sulfaatgehalte per maand in het kanaal (12/68-12/82).
- 123. Verloop van het sulfaatgehalte in de afstand in het kanaal (12/68-12/82).
- 124. Verloop van het sulfaatgehalte in de afstand in het kanaal (11/80-2/83).
- 125. Korrelatie sulfaatgehalte -  $D_{\text{Tolhuis}}$  (12/68-12/82).
- 126. Verloop van het magnesiumgehalte in de tijd in het kanaal.
- 127. Gemiddeld magnesiumgehalte per maand in het kanaal (12/68-12/82).
- 128. Verloop van het magnesiumgehalte in de afstand in het kanaal (12/68-12/82).
- 129. Verloop van het magnesiumgehalte in de afstand in het kanaal (11/80-2/83).
- 130. Korrelatie magnesiumgehalte -  $D_{\text{Tolhuis}}$  (12/68-12/82).
- 131. Verloop van de totale hardheid in de tijd in het kanaal.
- 132. Gemiddelde totale hardheid per maand in het kanaal (12/68-12/82).

133. Verloop van de totale hardheid in de afstand in het kanaal (12/68-12/82).
134. Verloop van de totale hardheid in de afstand in het kanaal (11/80-2/83).
135. Korrelatie totale hardheid -  $D_{\text{Tolhuis}}$  (12/68-12/82).
136. Verloop van het natriumgehalte in de afstand in het kanaal (12/68-12/82).
137. Verloop van het loodgehalte in de tijd in het kanaal.
138. Verloop van het loodgehalte in de afstand in het kanaal (12/68-12/82).
139. Korrelatie BOD - COD in het kanaal (12/68-12/82).
140. Korrelatie BOD - opgeloste zuurstof in het kanaal (12/68-12/82).
141. Korrelatie  $\text{NO}_3\text{-N}$  -  $\text{NH}_3\text{-N}$  in het kanaal (12/68-12/82).
142. Korrelatie  $\text{NO}_3\text{-N}$  - opgeloste zuurstof in het kanaal (12/68-12/82).
143. Korrelatie geleidbaarheid - magnesium in het kanaal (12/68-12/82).
144. Korrelatie geleidbaarheid - totale hardheid in het kanaal (12/68-12/82).
145. Korrelatie magnesium - totale hardheid in het kanaal (12/68-12/82).
146. Korrelatie geleidbaarheid - sulfaat in het kanaal (12/68-12/82).
147. Korrelatie sulfaat - chloride in het kanaal (12/68-12/82).
148. Korrelatie geleidbaarheid - chloride in het kanaal (12/68-12/82).
149. Korrelatie geleidbaarheid - natrium in het kanaal (12/68-12/82).
150. Korrelatie natrium - chloride in het kanaal (12/68-12/82).

## HOOFDSTUK I

### INLEIDING

#### 1. Totstandkoming van het onderzoeksprojekt

De provinciale "Werkgroep grondwaterbeleid in de Gentse kanaalzone" heeft in vergadering van 18 september 1980 aangedrongen op de uitvoering van een bibliografische studie over de waterhuishouding en -kwaliteit in de Gentse kanaalzone. Op de vergadering van 27 januari 1981 benadrukte de Heer Vansteelandt, Hoofdingenieur-direkteur der Mijnen, Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Dienst Natuurlijke Rijkdommen en Energie (voorheen Mijnwezen), het belang van een studie over de verontreiniging en de verzilting van het kanaalwater en de invloed ervan op het grondwater.

De toenmalige Minister van de Vlaamse Gemeenschap, Dr. M. Galle, gaf in 1981 de opdracht om een oppervlakte- en grondwaterstudie uit te voeren in de Gentse kanaalzone. Hij gelastte de "Werkgroep grondwaterbeleid in de Gentse kanaalzone" met het toezicht op de studies. De benaming van de werkgroep werd op de vergadering van 23 juli 1981 gewijzigd in "Stuurgroep voor de studie van grond- en oppervlaktewater in de Gentse kanaalzone".

De oppervlaktewaterstudie werd op 31 maart 1981 toegelikt aan het Centrum voor de Studie van Water, Bodem en Lucht (BECEWA). De duur van de opdracht was 24 maanden met 2 bijkomende maanden voor de afwerking van het rapport. Er werden zesmaandelijks tussenrapporten voorzien ten behoeve van de opdrachtgever en van de stuurgroep. Op de vergadering van 13 januari 1983 van de stuurgroep werd voorgesteld de oppervlaktewaterstudie te verlengen voor de duur van 6 maanden om de verdere coördinatie met de studie van het grondwater mogelijk te maken.

Naast de stuurgroep werd een informele werkgroep opgericht om zoveel mogelijk gegevens van openbare instellingen te verzamelen. In de werkgroep zetelden vertegenwoordigers van het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Dienst Natuurlijke Rijkdommen en Energie (voorheen Mijnwezen), het Ministerie van Openbare Werken, Bestuur der Waterwegen, Dienst van het Stroomgebied der Schelde, 1<sup>e</sup> Directie, het Ministerie van Openbare Werken, Bestuur der Waterwegen, Dienst Zeeschelde, het Ministerie van Openbare Werken, Dienst Hydrologisch Onderzoek, de Provinciale Technische Dienst, de Provinciale Dienst voor de Bescherming van het Leefmilieu, de Technische Dienst van de Stad Gent, het Ministerie van Landbouw, Landelijke Waterdienst, het Ministerie van Landbouw, Rijksstation voor Sierplantenteelt, het Ministerie van Volksgezondheid, Sanitaire Bouwkunde, het Instituut voor Hygiëne en Epidemiologie, de Vlaamse Waterzuiveringsmaatschappij, de Nationale Maatschappij der Waterleidingen en de Tussengemeentelijke Maatschappij der Vlaanderen voor Waterbedeling.

De werkgroepen vergaderden op 11 december 1981, op 15 februari 1982 en op 23 november 1982. Er werden ook nog verschillende afzonderlijke vergaderingen belegd met de diensten die over meer gedetailleerde gegevens beschikten.

## 2. Doel

Het kanaal Gent-Terneuzen is een belangrijke scheepvaartweg die van vitaal belang is voor de haven van Gent. Tal van bedrijven vestigden zich langs weerszijden van de kanaaloevers omwille van de mogelijkheden voor aan- en afvoer van grondstoffen en afgewerkte produkten. Het kanaalwater wordt gebruikt als koel-, proces- en transportwater. De voornaamste bronnen van verontreiniging van het kanaalwater zijn de voedingswaters, de lozingen door bedrijven en vooral het zeewater dat het kanaal binnenvloeit aan de

zeesluis te Terneuzen. Het verzilt kanaalwater tast de industriële installaties aan en kan daarom in vele gevallen niet meer voor de daartoe bestemde doeleinden gebruikt worden. Bovendien is de verzilting van invloed op de grondwaterkwaliteit in de nabijheid van het kanaal en in de nabijheid van storten waarbij het kanaalwater als transportwater gebruikt wordt.

Door de verontreiniging en in het bijzonder de verzilting van het kanaalwater moesten meerdere bedrijven overschakelen op grondwater en door de toenemende grondwaterverontreiniging daarna op leidingwater. Als gevolg hiervan daalt de concurrentiepositie van de bedrijven wat nadelige gevolgen kan hebben voor de werkgelegenheid. Het is dus van primordiaal belang dat het kanaalwater bruikbaar blijft voor de industrie.

Over de toestand en de evolutie van de waterkwantiteit en -kwaliteit van het oppervlaktewater zijn meestal alleen periodieke en lokale gegevens bekend. Bij de openbare instellingen en bedrijven zijn evelwel talrijke gegevens opgeslagen. Daar er geen overzicht bestaat van de kwaliteit van het oppervlaktewater is het nuttig alle bestaande gegevens te centraliseren, deze aan te vullen met nieuwe onderzoeken en ze te verwerken tot een overzichtelijk geheel.

Door de kennis van de evolutie van de waterkwaliteit en -kwantiteit kan er een beleid op langere termijn gevoerd worden.

Het is tevens noodzakelijk om een inzicht te hebben in de waterkwaliteit en -kwantiteit van de voedingswaters van het kanaal. De beschikbare waterhoeveelheid is van essentieel belang voor de terugdringing van de zouttong en de kwaliteit ervan is medebepalend voor de kwaliteit van het kanaalwater.

Naast de waterkwaliteit is ook de slibkwaliteit van belang. Daar regelmatig onderhoudsbaggerwerken nodig zijn is de opberging van het slib een aktueel probleem. De totale samenstelling van het slib, de elueerbaarheid ervan en de mogelijke gevolgen op de grondwaterkwaliteit zijn van groot belang.

### 3. Uitvoering van de studie

De studie bestaat enerzijds uit een bibliografisch gedeelte waarin zoveel mogelijk bestaande gegevens over het oppervlaktewater en het slib van het kanaal en over de erop aansluitende waterlopen gecentraliseerd werden en anderzijds uit een nieuw onderzoek van de kwaliteit van het kanaalwater en van het slib.

De gegevens zijn vooral afkomstig van studies uitgevoerd door het BECEWA, door openbare instellingen en door bedrijven.

In het historisch overzicht werd de evolutie van het kanaal en het belang ervan beschreven.

De complexe waterverdeling van de Leie en de Schelde werd uitgebreid behandeld. De terugdringing van de verzilting in het kanaal is vooral afhankelijk van de wateraanvoer door deze rivieren. De beschikbare debieten in de verschillende perioden van het jaar werden nagegaan.

Er werd een nieuwe kaart ontworpen waarop alle waterlopen getekend zijn die in verbinding staan met het kanaal. De waterlopen werden ingedeeld in hydrografische bekkens. De infrastructuur van het kanaal en het sluizencomplex te Terneuzen werden eveneens in kaart gebracht.

Om een reëel beeld te krijgen van de eisen die de bedrijven stellen en de problemen waarmee ze te kampen hebben werd er schriftelijk contact opgenomen met 55 bedrijven die gevestigd zijn in de kanaalzone. De voornaamste ervan werden bezocht. Het doel van de studie en het nut van

de gevraagde gegevens werd toegelicht op een vergadering van de Industriële Werkgroep in het Gentse voor Milieuhygiëne gehouden te Gent op 23 april 1982.

Speciale aandacht werd besteed aan de samenstelling en aan de elueerbaarheid van het kanaalslib. Er werden tweemaal zes slibstalen bemonsterd tussen de Tolhuisstuw en de Belgisch-Nederlandse grens. De resultaten van dit onderzoek en van de onderzoeken van andere instellingen werden gecentraliseerd. De kwaliteit van het slib en de elueerbaarheid ervan werd onderzocht.

Voor de Hydrogeologische studie van de Gentse kanaalzone, uitgevoerd door de Leerstoel voor Toegepaste Geologie van de Rijksuniversiteit te Gent, Prof. Dr. W. De Breuck, werden 75 grondwatermonsters geanalyseerd.

De bestaande gegevens over de oppervlaktewaterkwaliteit van het kanaal werden aangevuld met nieuwe metingen. Er werden 12 meetpunten aangeduid tussen de Tolhuisstuw en de Belgisch-Nederlandse grens. Elk meetpunt werd zesmaal bemonsterd op 5 verschillende diepten. Op aandringen van de werkgroep werden viermaal drie bijkomende meetpunten bemonsterd op Nederlands grondgebied. Alle bekomen gegevens werden volgens een uitgewerkt codesysteem in de computer ingebracht. Dit liet ons toe de gegevens uitgebreid te verwerken zodat we bepaalde prognoses konden stellen. De voornaamste programma's waren : parameter in verloop van de tijd, gemiddelde per maand voor een parameter, korrelatie tussen verschillende parameters en tussen een parameter en het debiet, parameter in functie van de plaats en van de diepte en kleurindex. Er werd eveneens een kleurenkaart opgesteld waar de waterkwaliteit ingedeeld werd in 5 categorieën. Bij de indeling werd rekening gehouden met de voornaamste parameters.

## HOOFDSTUK II

HISTORIEK1. Inleiding

Nadat de Noormannen in de negende eeuw voorgoed uit het Leie- en Scheldebekken verdreven waren konden de prille handels- en havenactiviteiten in Gent verder ontplooiën. Handelaars, ambachtslui, vissers en schippers vestigden zich te Gent. De bedrijvigheid groeide langzamerhand. De lakenhandel vervulde hierbij een zeer voorname rol tot in de 13<sup>e</sup> eeuw.

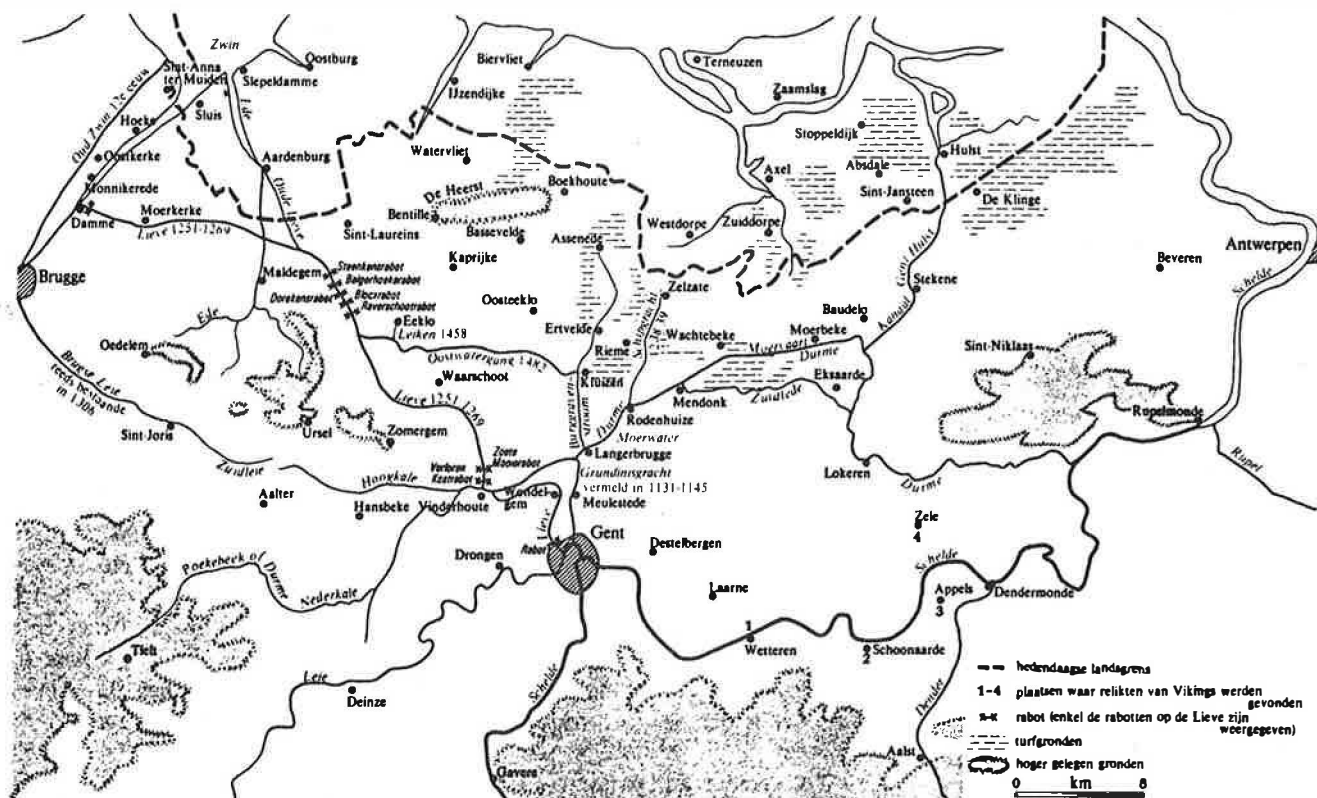


Fig. 1 : Het streven van Gent naar de zee in de Middeleeuwen (overgenomen uit : Gent op de wateren en naar de zee).



### 1.1. De Lieve

Dank zij zijn ligging aan het Zwin ontwikkelde Brugge zich in deze periode tot een bloeiende handelsstad en een machtige concurrent voor Gent. De Gentenaars begrepen al spoedig dat het van groot belang was om een verbinding met de voorspoedige Zwinsteden tot stand te brengen. Deze verbinding zou gevormd worden door de Lieve. Het Lievekanaal werd gegraven tussen 1251 en 1269 en verbond Gent met Damme. Het zou tot in de vijftiende eeuw een drukke doch moeilijk te bevaren waterweg zijn. Naarmate het Zwin verder verzandde verloor ook het Lievekanaal zijn betekenis.

### 1.2. De Sassevaart

Door het in onbruik geraken van het Lievekanaal verliep de scheepvaart via de Schelde en Antwerpen. In 1547 liet Keizer Karel een kanaal naar de Westerschelde aanleggen. Dit kanaal, de Sassevaart, werd een druk bevaren handelsweg alhoewel het niet bevaarbaar was voor de grotere schepen. Door de godsdienstoorlogen kreeg het verkeer op de Sassevaart een flinke deuk. De Vrede van Munster (1648) beëindigde de godsdienstoorlogen doch bevestigde meteen dat de internationale handel verboden bleef op de Sassevaart.

### 1.3. De Brugse Vaart

De godsdienstoorlogen hadden een sterke economische teruggang in de Vlaanderen veroorzaakt. De aartshertogen Albrecht en Isabella wilden onze economie nieuw leven inblazen en besloten daartoe de binnenscheepvaart naar de Vlaamse kust te richten. Oostende werd uitgekozen als eerste zeehaven. In 1613 werd een kanaal gegraven tussen Gent en Brugge, in 1618 werd het kanaal verder gegraven tot Plassendale en tussen 1622 en 1623 werd de verbinding met Oostende tot stand gebracht. De eerste kustvaarder liep in 1665 in Gent

binnen doch de verbinding met de Gentse haven kwam slechts in 1751 tot stand na het graven van de Coupure. De haven van Gent kende een matige bedrijvigheid omdat alle vroegere handelsvoorrechten afgeschaft werden.

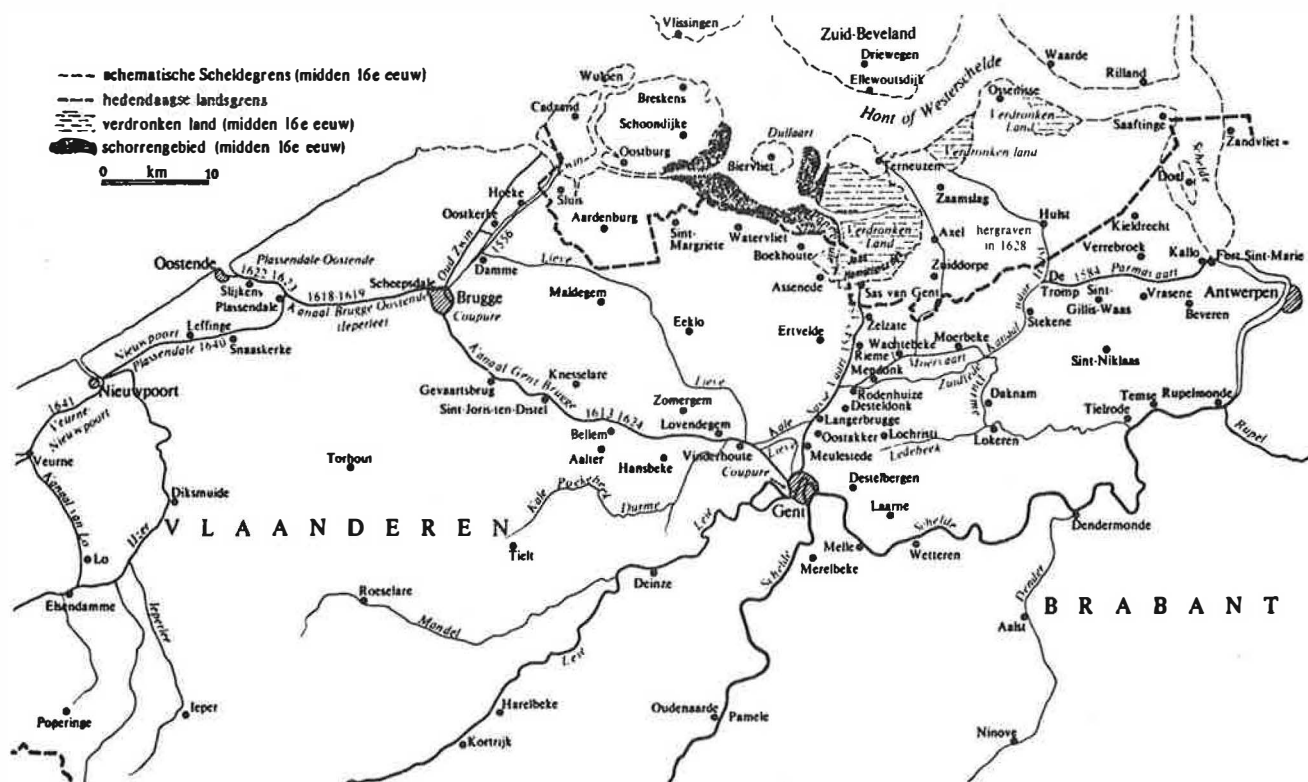


Fig. 2 : Gent op zoek naar de zee (16e-18e eeuw)  
(overgenomen uit : Gent op de wateren en naar de zee).

## 2. Het kanaal Gent-Terneuzen

Onder koning Willem I werden in 1822 de definitieve plannen gemaakt voor de aanleg van het kanaal Gent-Terneuzen. De werken werden aangevat op 15.03.1825 en ingehuldigd op 18.11.1827. Het kanaal had de volgende afmetingen :

- breedte aan de waterspiegel : 25 m ;
- breedte op de bodem : 10 m ;
- waterdiepte : 4,40 m.

In Terneuzen werden twee schutsluizen gebouwd. De Oostsluis was 110 m lang en 8 m breed. Ze werd in gebruik genomen op 06.12.1826. De Westsluis was 90 m lang en 12 m breed en werd op 18.11.1827 opengesteld voor de scheepvaart.

In Gent werd in 1827 het Handelsdok gegraven tussen de Dampoort en de Sasse Poort. Dit dok stond in verbinding met de Leie en de Schelde. Terzelfdertijd werd aan de Muide een sluis gebouwd van 55 m lang en 12 m breed. Het Handelsdok werd in 1828 met het kanaal verbonden.

Bij de Belgische Omwenteling van 1830 werd de Schelde gesloten door de Nederlanders. Hierdoor was ook het kanaal buiten gebruik gesteld. De oorlog sleepte aan tot in 1839. Op 19 april van dat jaar werd het "Verdrag der XXIX Artikelen" ondertekend waardoor de Schelde opnieuw kon opengesteld worden. Ondertussen was het kanaal zodanig verwaarloosd dat het eerst moest uitgebaggerd worden vooraleer het kon worden heropend. De zeeschepen konden opnieuw de haven van Gent binnenvaren tegen het einde van 1841. Inmiddels werd het Handelsdok uitgerust met verschillende havenaccommodaties.

Het aantal schepen dat Gent binnenvoer alsook hun afmetingen nam voortdurend toe en spoedig bleek dat het kanaal verruimd moest worden. De verdieping en verbreding van het kanaal werd goedgekeurd door de gemeenteraad van Gent in 1866. De regering aanvaardde het plan in 1870. De nieuwe afmetingen werden vastgesteld bij Koninklijk Besluit (1873) en bedroegen :

- breedte aan de waterspiegel : 57 m;
- breedte op de bodem : 17 m;
- breedte van wal tot wal : 68 m;
- diepgang : 6,50 m.

In Zelzate werd een nieuw tracé gegraven over 4 km om een bocht af te snijden. Er werden ook bruggen gebouwd te Zelzate, Terdonk, Langerbrugge en Meulestede voor het weg- en spoorwegverkeer. Het vernieuwde kanaalgedeelte

tussen Rieme en de Nederlandse grens werd ingehuldigd op 02.06.1879. Op 31.10.1879 werd een overeenkomst bereikt met Nederland voor de werken op Nederlands grondgebied. Deze werken omvatten het graven van een nieuwe kanaalarm en de bouw van een sluis van 12 m breed en 110 m lang te Sas van Gent. De sluis werd opengesteld voor de scheepvaart op 01.10.1885.

#### De Gentse haveninfrastructuur van 1881 tot 1886

In 1880 sloot Gent een overeenkomst met de staat voor de uitbreiding van de haven. De Muidesluis werd gesloopt en vervangen door de Tolhuissluis en door een sluis in het De Pauwkanaal. Door het slopen van de Muidesluis kon het Handelsdok rechtstreeks verbonden worden met het kanaal. De Voorhaven werd gegraven. Ze was '80 tot 100 m breed, 1.096 m lang en had een diepgang van 7,50 m. Aan de rechteroever ervan werd een kaaimuur gebouwd van 1.036 m en aan de linkeroever werd een steunmuur gebouwd van 487 m. Aan de wendingsplaats werden 2 droogdokken voorzien. De werken werden voltooid in 1886. Daarnaast werd het Handelsdok uitgebreid met een dok dat speciaal bestemd was voor het lossen van hout. Dit Houtdok was 260,50 m lang en 125 m breed. De waterdiepte bedroeg 6,40 m. Gedurende de werkzaamheden werd het Handelsdok verbreed tot 90 m en verdiept tot op 5,60 m. Op de rechteroever werd een nieuwe kaaimuur gebouwd. Het Houtdok werd ingehuldigd op 05.09.1881. Dank zij de uitbreidingen aan de dokken nam het aantal binnelopende schepen en hun gemiddelde tonnenmaat voortdurend toe. In 1891 voeren voor het eerst meer dan 1.000 schepen in de Gentse haven binnen. Deze aangroei maakte opnieuw . aanpassingen aan het kanaal noodzakelijk.

In 1890 stelde het college van burgemeester en schepenen een nieuw uitbreidingsplan voor aan de regering voor de bouw van een sluis te Terneuzen. Na moeizame onderhandelingen werd een overeenkomst bereikt op 29.06.1895. Op 08.03.1902 werd nog een aanvullende overeenkomst afgesloten. Beide overeen-

komsten omvatten de uitvoering van de volgende werken :

- de bouw van een schutsluis te Terneuzen met een lengte van 140 m en een breedte van 18 m;
- de aanleg van een nieuwe kanaalarm te Sas van Gent;
- de opheffing van het niveauverschil van 45 cm tussen het Belgisch en het Nederlands pand;
- het maken van een voorhaven te Terneuzen met een oppervlakte van 7 ha en een diepte van 9,42 m;
- de uitbreiding van de doorvaartbreedte van de kunstwerken tot 26 m;
- de verdieping van het kanaal tot 8,75 m.

De sluis te Terneuzen werd voorlopig in gebruik genomen in 1908. De officiële opening had plaats op 15.02.1910. Het vernieuwd Belgisch kanaalgedeelte en de nieuwe haveninstallaties werden op 22.06.1913 ingehuldigd door koning Albert.

Op 06.10.1900 werd een plan goedgekeurd voor de aanleg van een groot dok en 5 insteeddokken. Teneinde deze werken te kunnen uitvoeren werd door de wet van 24.07.1900 het grondgebied van Gent uitgebreid. Het oorspronkelijk plan werd in 1912 gewijzigd waardoor slechts 3 van de 5 voorziene zijdokken werden gebouwd. In het Groot Dok werd een kaaimuur van 2.225 m gebouwd. Oorspronkelijk bedroeg de diepte 6,50 m en de breedte 50 m; deze afmetingen werden in een definitief stadium gebracht op 8 en 180 m. Daarna werd aan het Middendok begonnen. Het Noorddok werd aangevat in 1908 en was volledig afgewerkt vóór de Eerste Wereldoorlog uitbrak. Het Middendok was daarentegen nog in aanbouw. De klaargekomen gedeelten konden evenwel in gebruik genomen worden doordat de nodige installaties werden aangebracht.

Samengevat zag de toestand op het kanaal vóór de Eerste Wereldoorlog er als volgt uit :

In Terneuzen werd de toegang tot het kanaal verzekerd door 3 sluizen :

- de Westsluis met een schutlengte van 140 m tussen de binnendeuren en 176 m tussen de buitendeuren, een

breedte van 18 m en toegankelijk voor schepen van maximum 10.000 ton;

- de Oostsluis (110 x 8 m) was toegankelijk voor schepen van 1.500 tot 2.000 ton;
- de Middensluis (voorheen Westsluis genoemd) (90 x 12 m) was toegankelijk voor schepen van maximum 600 ton.

Op Belgisch grondgebied was het kanaal 97 m breed aan de waterspiegel en 50 m op de bodem. In Nederland waren deze afmetingen respectievelijk 67 en 24 m. Het kanaal was overal 8,75 m diep. In Sas van Gent waren er 3 sluizen. Deze waren echter steeds open zodat ze weinig hinder veroorzaakten. Alle bruggen tussen Gent en Terneuzen hadden een doorvaartbreedte van 26 m.

Na de wapenstilstand werd meteen begonnen met de herstellingswerken. Het eerste zeeschip kon reeds in 1919 in de haven binnenvaren. De herstellingen werden voltooid in 1921.

Teneinde het havengebied te vergroten werden in 1920 en in 1927 verschillende grondgebieden langsheen het kanaal bij het Gentse grondgebied gevoegd. Hierna werden de plannen van 1900 verder ten uitvoer gebracht. Het Middendok werd voltooid in 1926. De werken voor het graven van het Zuiddok werden aangevat in 1927. Het Zuiddok werd officieel opengesteld op 13.07.1930 door koning Albert.

Het was dan al duidelijk dat deze uitbreidingswerken ontoereikend waren. Daarom werd op 08.02.1929 besloten een nieuw kanaaldok te graven. Het Sifferdok zou 2.700 m lang en 200 m breed worden. De eerste fase van het dok was afgewerkt in 1931. De kaaimuren waren 565 m lang.

Inmiddels werden de afmetingen van de zeeschepen steeds groter, waardoor de 10.000 ton sluis in Terneuzen te klein werd. Ook de afmetingen van het kanaal voldeden niet meer. De breedte aan de waterspiegel was ontoereikend voor het doorgaand verkeer en zou op 200 m moeten gebracht worden.

In 1928 werd een ontwerp van tekst van overeenkomst voorgesteld tussen de Staat en de stad Gent voor een nieuwe zeesluis die minimum 200 m lang, 26 m breed en 9,50 m diep zou zijn. In onderhandelingen met Nederland werd geijverd voor deze grotere zeesluis doch door de economische crisis werden alle uitbreidingsplannen op de lange baan geschoven.

Tijdens de 2<sup>e</sup> Wereldoorlog werd de zeescheepvaart volledig onderbroken. Er werden verschillende luchtaanvallen uitgevoerd op de haveninstallaties zonder dat de vitale infrastructuur werd beschadigd. Na de bevrijding zou de haven een belangrijke rol spelen bij de bevoorrading van de geallieerden.

Het burgerlijk scheepvaartverkeer kwam slechts moeilijk opnieuw van de grond na de Tweede Wereldoorlog. De belangrijkste redenen hiervoor waren technische factoren. De haveninfrastructuur was niet meer aangepast aan de scheepsbouw-evolutie en ook de afmetingen van de zeesluis waren ontoereikend voor de moderne zeeschepen.

In 1950 werden vernieuwingswerken begonnen aan de Port Arthurkaai. Er werd een nieuwe, 2.095 m lange damwand gebouwd. De waterdiepte bedroeg 8,75 m. De herstelling van de kaai-muur van het Handelsdok tussen de Muidebrug en het Stapelhuis werd aangevat in 1958. Het Hout-, het Handels- en het Achterdok werden uitgebaggerd tot op 5,70 m.

Voor het Sifferdok, dat reeds in 1931 gedeeltelijk werd aangelegd, werden de volgende nieuwe afmetingen vooropgesteld :

- lengte : ± 2,5 km;
- breedte : 300 m;
- waterdiepte : 12,50 m.

Langs de linkeroever werd in 1949-1950 een strook kaaimuur gebouwd van 520 m. Vanaf 1959 werd deze oever afgewerkt met een stuk kaaimuur van 1.340 m. Op de rechteroever werd in 1961 een strook kaaimuur gebouwd van 1.205 m lang. In 1963 werd de kaaimuur doorgetrokken tot aan de monding van het

dok. De waterdiepte bedroeg 13,50 m. De kaaimuren werden voltooid in 1967, de baggerwerken duurden tot 1968. De oevers werden uitgerust met wegen en spoorwegen en langs de kaaien werden verschillende kranen gebouwd.

In 1966-1968 werd een speciaal dok gebouwd voor de olieraffinaderij van Texaco. Dit Petroleumdok was 750 m lang, 300 m breed en 13,50 m diep. Langsheen het kanaal werden verschillende aanlegplaatsen voor zeeschepen gebouwd.

De verbreding en de vergroting van het kanaal op Belgisch grondgebied werd vanaf 1949 in de nationale begroting opgenomen. De werken werden aangevat in 1954. De kanaalbreedte werd vastgesteld op 200 m opdat langs beide oevers zeeschepen zouden kunnen aanleggen. Tussen het Groot Dok en het Sifferdok werden geen verbredingswerken uitgevoerd daar zich hier reeds verschillende bedrijven hadden gevestigd. De verbreding werd in verschillende stadia uitgevoerd. Tot aan de kom van Zelzate werden de werken uitgevoerd langs de rechteroever van het kanaal. In Zelzate was dit onmogelijk omdat het kanaal daar door het centrum van de gemeente liep. Daarom werd beslist een nieuw kanaalvak van 150 m breed te graven buiten de kom van de gemeente. Afwaarts de brug werd de breedte op 180 m gebracht om aanlegplaatsen te kunnen bouwen. Bovendien de kanaalwerken werd ook de infrastructuur voor het weg- en spoorwegverkeer sterk verbeterd.

#### De zeesluis te Terneuzen

Na jarenlange onderhandelingen werd op 20 juni 1960 de Belgisch-Nederlandse konventie ondertekend voor de verbetering van het kanaal en de bouw van een nieuwe zeesluis te Terneuzen. Het verdrag voorzag in de bouw van 2 sluizen :

- een zeesluis van 290 m lang, 40 m breed en 12,50 m diep;
- een binnenscheepvaartsluis ter vervanging van de Oost- en de Middensluis. De afmetingen van deze sluis waren : 240 m



lengte, 24 m breedte en 4,40 m diepte. De nieuwe zeesluis wordt tegenwoordig de Westsluis genoemd, de Middensluis is deze van 10.000 ton die in 1910 gebouwd werd en de nieuwe binnenvaartsluis wordt Oostsluis genoemd.

Op Nederlands grondgebied zou het kanaal 150 m breed worden aan de waterspiegel en 72 m op de bodem met een diepte van 12,50 m. Er zouden nieuwe voorhavens aangelegd worden die toegang verleenden tot de nieuwe sluizen en tot de Westsluis. Op aandringen van Gent werd de overeenkomst gewijzigd in juni 1967 om de waterdiepte van de zeesluis en van het kanaal overal op 13,50 m te brengen.

De bouw van de sluizen werd aangevat in 1961. Bij de vaststelling van de afmetingen werd rekening gehouden met het doorlopend schutten van schepen tot 30.000 ton en bij hoogwater het schutten van schepen tot 50.000 ton. Op aanvraag van België werd de capaciteit verhoogd tot 60.000 ton door de diepte van de vloer en van de hoofden van de sluis met één meter te verlagen. De nieuwe binnenvaartsluis werd gebouwd tussen de 10.000 ton sluis en de kom van Terneuzen. Na haar in gebruikname werden de sluizen van 1827 gedempt.

In 1965 werden twee voorhavens gebouwd : één voor de zeevaart en één voor de binnenvaart. Hierdoor kon het zeevaartverkeer volledig gescheiden worden van het binnenvaartverkeer. De zeevaartvoorhaven was 1.500 m lang, ze had een invaartbreedte van ca. 250 m en een diepte van 14 m. De binnenvaartvoorhaven was 700 m lang, ze had een invaartbreedte van 100 m en een diepte van 7,50 m.

De kanaalverbreding op Nederlands grondgebied werd aangevat op 01.07.1962. Het nieuwe tracé was zodanig opgevat dat het het bestaande kanaal zo veel mogelijk kon volgen en dat de verbreding slechts aan één zijde moest uitgevoerd worden. Het verbreed en verdiept zeekanaal, de zeesluis, het Sifferdok en het Petroleumdok werden officieel in gebruik genomen op 19.12.1968.

In 1969 werd de Ringvaart in gebruik genomen. Van dan af zouden de schepen, die de in Gent gevestigde bedrijven bevoorraden, de moeilijke en zeer langdurige doortocht door Gent kunnen vermijden. De Ringvaart is geschikt voor binnenschepen tot 2.000 ton, hij is 21.575 m lang en wordt in drie panden verdeeld door twee sluizen. Het eerste pand, het Noordervak, werd reeds in 1965 opengesteld. Het is 5.747 m lang en staat rechtstreeks in verbinding met het kanaal. Het Westervak is 11.881 m lang en is verbonden met het kanaal Gent-Oostende, de Leie en de Bovenschelde. Het Zuidervak geeft verbinding met de Zeeschelde.

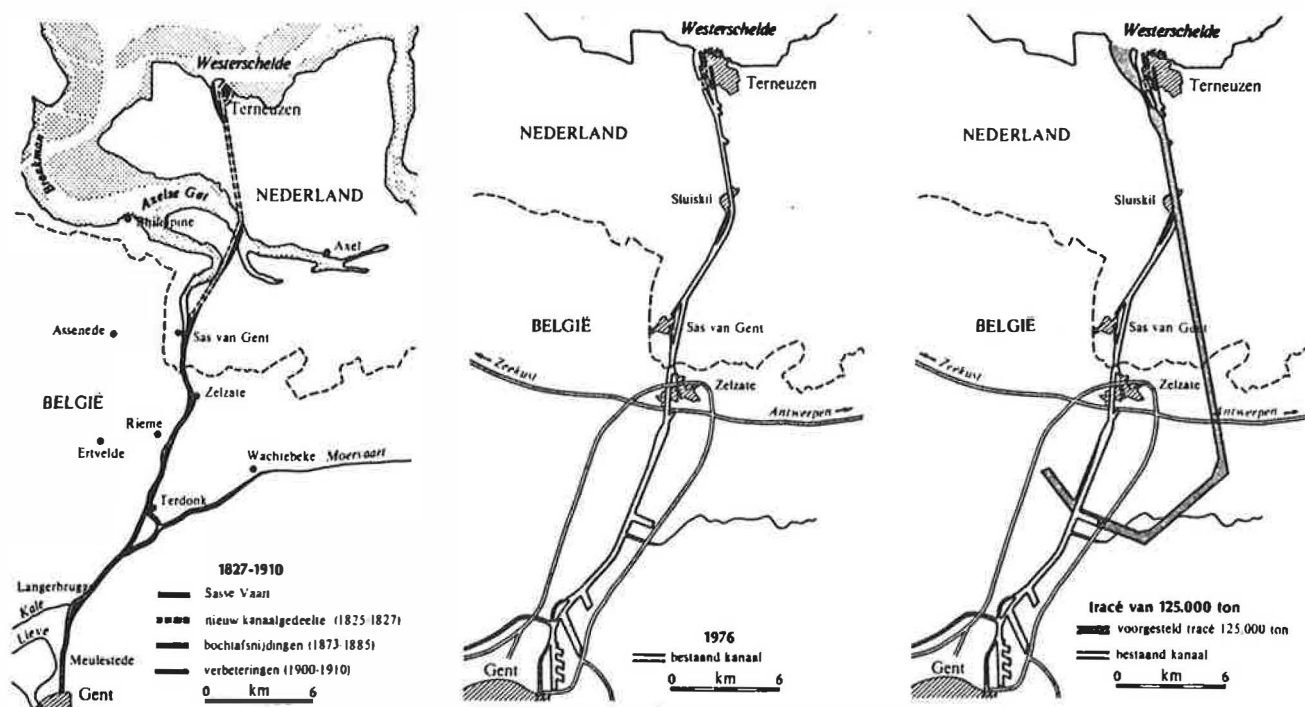
Het Rodenhuizedok werd gegraven in 1970. De afmetingen werden voorlopig vastgesteld op :

- 400 m lengte;
- 250 m breedte;
- 13,50 m diepgang;

Het dok werd in 1971 in gebruik genomen. In 1975 werden de werken voor het tweede gedeelte aangevat.

In 1960 werd een expresweg aangelegd tussen Gent en Zelzate, de Pres. J.F. Kennedylaan, ter ontsluiting van de industriezone langs het Sifferdok, het Petroleumdok en het kanaal. Nadien werd deze weg doorgetrokken tot in Terneuzen. Naast de Kennedylaan werd een spoorlijk aangelegd die de verschillende havenbedrijven verbindt met het station Gent-Zeehaven.

In 1968-1970 werd een studie gemaakt van een nieuwe verbinding tussen Gent en de Noordzee waardoor schepen tot 125.000 ton in de haven zouden kunnen aanleggen. Deze, nog aan te leggen scheepvaartweg, zou van Terneuzen-West via Sluiskil en Wachtebeke, naar het Rodenhuizedok gegraven worden.



**Fig. 3 :** De evolutie van het kanaal Gent-Terneuzen  
(overgenomen uit : Gent op de wateren en  
naar de zee).

## HOOFDSTUK III

VOEDINGSWATERS VAN HET KANAAL GENT-TERNEUZEN1. Algemeen

De Leie en de Schelde vloeien samen te Gent. De hydrografische bekkens van beide rivieren voorzien grotendeels in de voeding van het kanaal. Er moet zoveel mogelijk water afgevoerd worden naar het kanaal om de zoutindringing te beperken. In droge perioden kan de watervoorraad ontoereikend zijn terwijl er in natte perioden wateroverlast kan optreden. Gent werd reeds dikwijls getroffen door wateroverlast.

Het kanaal wordt overwegend gevoed aan de Tolhuisstuw via het Verbindingskanaal. Het Verbindingskanaal heeft een vrije doorgang naar het Westervak van de Ringvaart, naar het kanaal Gent-Oostende en naar de laagste panden van de Bovenschelde en de Leie.

De Tolhuisstuw bevindt zich in het midden van het Tolhuisdok (fig. 4). Het normale waterpeil is 5,61 m in het pand boven de stuw en 4,45 m in het pand beneden de stuw. De waterafvoer wordt geregeld met schotbalken en schuiven (fig. 5). De stuw bestaat uit 5 vakken. De 3 middenste hebben schuiven en de buitenste hebben schotbalken. De schotbalken hebben een overstortlengte van  $2 \times 5$  m en een hoogte van 0,28 m. De schuifdeuren hebben een totale overstortlengte van 4,5 m ( $3 \times 1,5$  m) en een hoogte van 1,05 m. De maximale overstortlengte bedraagt 14,5 m en het normaal peilverschil tussen het water boven en beneden de Tolhuisstuw is 1,16 m. De Tolhuisstuw heeft een maximale capaciteit van ca.  $30 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Aan de sluis  $E_1B_1$  te Evergem werden 2 spuirollen van elk  $9 \text{ m}^2$  gebouwd waarlangs het water rechtstreeks naar het

kanaal Gent-Terneuzen kan afgevoerd worden. De maximale afvoer van 40 tot 50 m<sup>3</sup>/s is afhankelijk van het opwaarts peil. Zelfs als er gespuid wordt met een beperkt debiet moet de scheepvaart stilgelegd worden. De spuiriolen worden alleen gebruikt bij hoge waterstand en dan nog buiten de scheepvaarturen. Onder normale omstandigheden bestaat de enige watertoevoer aan de sluis te Evergem uit de schutverliezen.

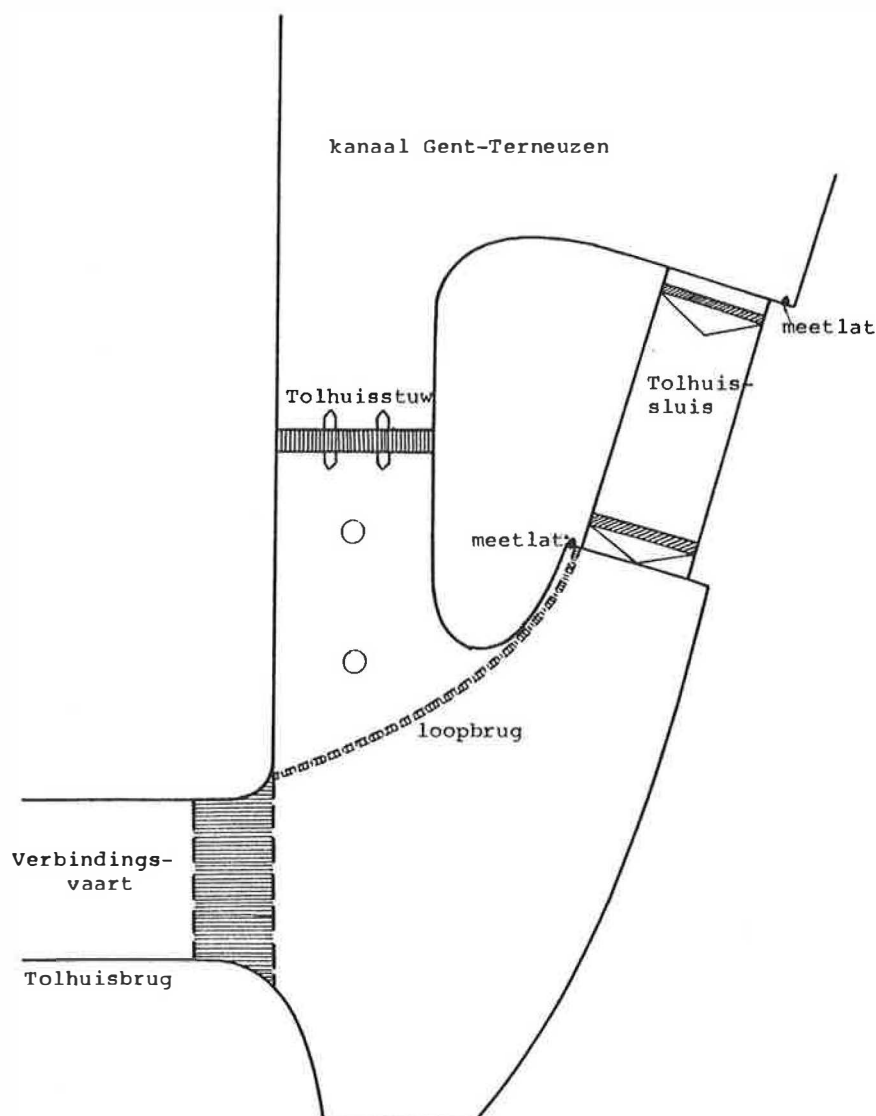
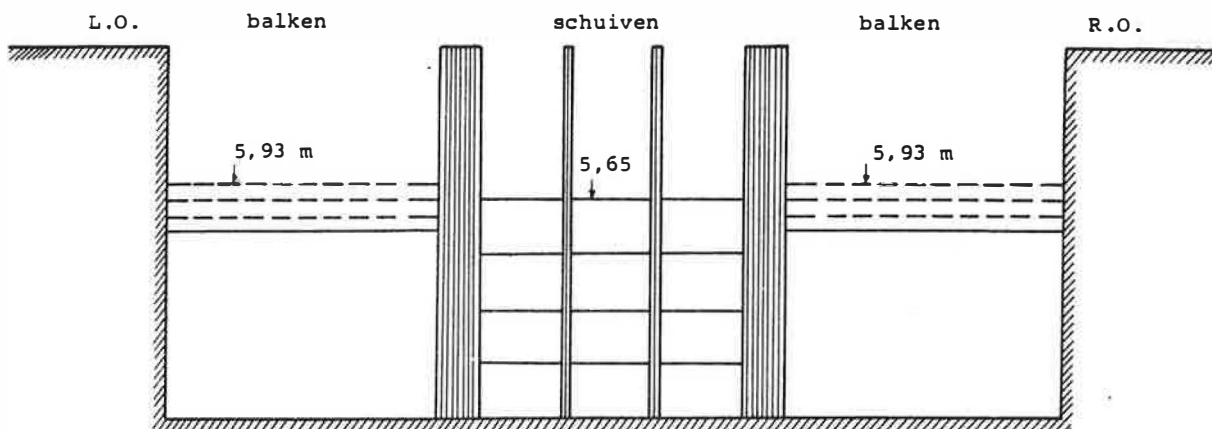


Fig. 4 : Inplanting van de Tolhuisstuw.



Afmetingen van de balken : lengte 5 m; hoogte 0,28 m.  
 afmetingen van de schuiven : lengte 1,5 m; hoogte 1,05 m.

Fig. 5 : Detail van de Tolhuisstuw.

Stroomafwaarts wordt het kanaal nog gevoed door de volgende hydrografische bekkens (fig. 6) :

- linkeroever :

AI. Kale en Meirebeek	: 4.480 ha
AII. Kale	: 890 ha
AIII. Avrijevaart, Burgravenstroom en Lieve	: 9.370 ha

- rechteroever :

AIV. Moervaart, Durme, Stekense Vaart, Langelede en Zuidlede	: 21.430 ha
---	-------------

- totaal : 36.170 ha

De onderstaande hydrografische bekkens stromen niet af naar het kanaal maar zouden, mits kleine aanpassingen, er naar kunnen afvloeien :

- linkeroever :

BI. Noorden Leopoldkanaal	: 4.535 ha
BII. Zuiden Leopoldkanaal	: 8.340 ha
BIII. Isabellapolder	: 7.780 ha
BIV. Zwarte Sluispolder	: 3.085 ha

- rechteroever :

BV. Polders naar Nederland	: 6.840 ha
BVI. Uitbreiding Durme (Zeile + Lokerenbeek)	: 6.755 ha

- totaal : 37.335 ha

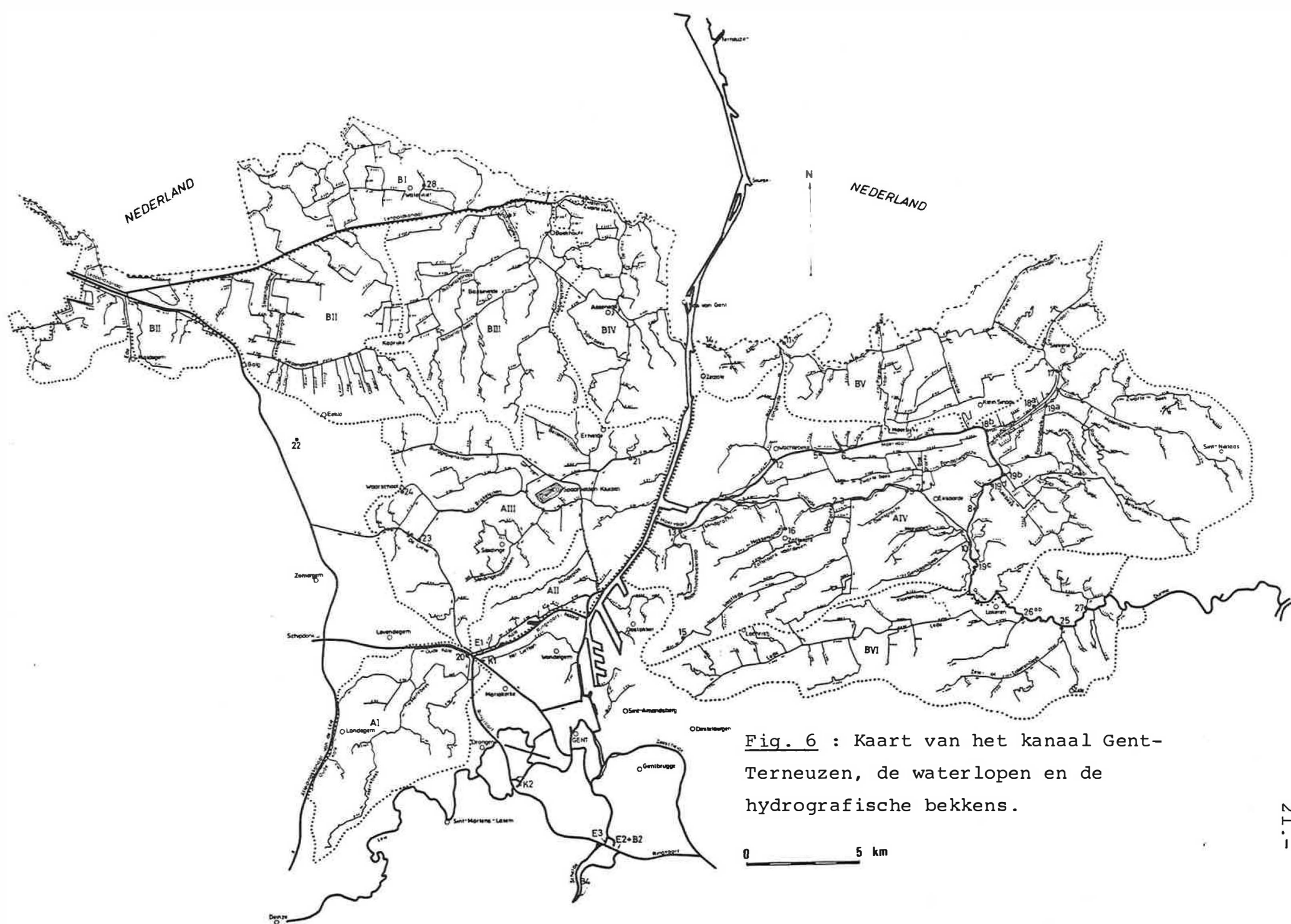


Fig. 6 : Kaart van het kanaal Gent-Terneuzen, de waterlopen en de hydrografische bekken.

Op fig. 6 (of op het bijgevoegd groot plan) zijn ook de pompgemalen aangeduid. Hierna volgt een opgave van de pompgemalen, (de waterloop waarop ze geplaatst zijn), van en naar waar er gepompt wordt, de capaciteit en de opvoerhoogte.

1. Lange Kromme, (1.220), van de Zuidlede naar de Moervaart, kap. :  $2 \times 25 \text{ m}^3/\text{min}$ ,  $\Delta H$  : 1,5 m.
2. Zaffelare I, (1.210), van de Dijkgracht naar de Zuidlede, kap. :  $1 \times 45 \text{ m}^3/\text{min}$ ,  $\Delta H$  : 2,0 m.
3. Zaffelare II, (1.210), van de Dijkgracht naar de Zuidlede, kap. :  $2 \times 25 \text{ m}^3/\text{min}$ ,  $\Delta H$  : 2,0 m.
4. Sint-Kruis-Winkel, (1.307), van waterloop 1.307 naar de Moervaart, kap. :  $2 \times 18 \text{ m}^3/\text{min}$ ,  $\Delta H$  : 2,0 m (dit pompgemaal wordt nog weinig gebruikt daar de grootste afwatering naar pompgemaal 12 gaat).
5. Wachtebeke-Mendonk, (1.302), van waterloop 1.302 naar de Moervaart, kap. :  $2 \times 25 \text{ m}^3/\text{min}$ ,  $\Delta H$  : 2,0 m.
6. Kalve-Terwest, (1.300), van waterloop 1.300 naar de Moervaart, kap. :  $2 \times 25 \text{ m}^3/\text{min}$ ,  $\Delta H$  : 2,0 m.
7. Valleien Zuidlede en Moervaart, (1.196), van Bosgracht naar Zuidlede, kap. :  $2 \times 30 \text{ m}^3/\text{min}$ ,  $\Delta H$  : 2,25 m.
8. Spletteren, (1.230), van waterloop 1.230 naar Moervaart, kap. :  $1 \times 22$  en  $1 \times 30 \text{ m}^3/\text{min}$ ,  $\Delta H$  : 2,0 m.
9. Lege Zijde, (1.190), van Olengracht naar de Zuidlede, kap. :  $2 \times 20 \text{ m}^3/\text{min}$ ,  $\Delta H$  : 2,35 m.
10. De Weehaeg, (1.170), van Kloetenbeek naar Durme, kap. :  $1 \times 90$  en  $1 \times 45 \text{ m}^3/\text{min}$ ,  $\Delta H$  : 2,85 m.
11. Sint-Elooi polder, (8.202), van waterloop 8.202 naar Nederland, kap. :  $1 \times 16 \text{ m}^3/\text{min}$ ,  $\Delta H$  : 0,8 m.
12. Wachtebeke, (1.310<sup>a</sup>), van de Langelede naar de Moervaart, kap. :  $2 \times 15$  en  $2 \times 30 \text{ m}^3/\text{min}$ ,  $\Delta H$  : 1,90 en 2,40 m (al het water van de Langelede wordt via pompgemaal 12 verpompt).
13. Rodenhuize, (1.330), van waterloop 1.330 naar de Moervaart, kap. :  $3 \times 25 \text{ m}^3/\text{min}$ .



14. Zelzate, (8.200), van waterloop 8.200 naar Nederland,  
(is momenteel buiten werking).
15. Oostakker, (1.200), is geplaatst op de Westlede en  
pompt van stroomopwaarts naar stroomafwaarts, kap. :  
 $3 \times 20 \text{ m}^3/\text{min}$ ,  $\Delta H : 0,5 \text{ m}$ .
16. Zaffelare (dorp), (1.215), rioolgemaal dat in de Hassels-  
gracht pompt, kap. :  $1 \times 15$  en  $1 \times 10 \text{ m}^3/\text{min}$ .
17. Stekene (Stekense Vaart), (8.090), is geplaatst op  
het kanaal van Stekene en pompt van stroomopwaarts  
naar stroomafwaarts, kap. :  $3 \times 40 \text{ m}^3/\text{min}$ ,  $\Delta H : 1,75 \text{ m}$ .
18. Stekene (Heymeersen + Koebrug) :
  - a) Stekense Vaart, (1.253), van waterloop 1.253 naar  
Kanaal van Stekene, kap. :  $1 \times 10 \text{ m}^3/\text{min}$ ,  $\Delta H : 1,70 \text{ m}$ .
  - b) Moervaart, (1.254), van waterloop 1.254 naar de  
Moervaart, kap. :  $1 \times 10 \text{ m}^3/\text{min}$ ,  $\Delta H : 1,70 \text{ m}$ .
19. Polder Sinaai-Daknam :
  - a) Hondsnest, (1.250), van Fondatiebeek naar Kanaal van  
Stekene, kap. :  $2 \times 60 \text{ m}^3/\text{min}$ ,  $\Delta H : 3,30 \text{ m}$ .
  - b) Zwaanaarde, (1.236), van waterloop 1.236 naar Moer-  
vaart, kap. :  $3 \times 40 \text{ m}^3/\text{min}$ ,  $\Delta H : 2,0 \text{ m}$ .
  - c) Daknam, (1.126), van waterloop 1.126 naar de Durme,  
kap. :  $1 \times 100 \text{ m}^3/\text{min}$ ,  $\Delta H : 3,0 \text{ m}$ .
  - d) Leebrugse Meersen, (1.230<sup>a</sup>), van waterloop 1.230<sup>a</sup>  
naar de Moervaart, kap. :  $1 \times 15 \text{ m}^3/\text{min}$ ,  $\Delta H : 1,0 \text{ m}$ .
20. Vinderhoute, (2.09), dit pompstation dat het water van  
de Oude Kale (2.40) en de Meirebeek (2.07) oppompt  
heeft verschillende afvoermogelijkheden, kap. :  $5 \times 60$   
 $\text{m}^3/\text{min}$ ,  $\Delta H : 2,20 \text{ m}$ . De diverse afvoermogelijkheden  
zijn :
  - naar het kanaal Gent-Oostende,
  - via sifon naar de Kale,
  - via sifon en persleiding naar de Lieve,
  - er is eveneens een natuurlijke afloop via een sifon  
naar de Kale.

Opm. : Er kan ook water van het kanaal Gent-Oostende  
via een stuw naar de Kale afgevoerd worden en dit ten  
behoefte van de Papierfabriek van Langerbrugge.

21. Spiedambrug, (2.80), op Avrijevaart van stroomopwaarts naar stroomafwaarts, kap. :  $7 \times 50 \text{ m}^3/\text{min}$ ,  $\Delta H$  : 1,50 m.
22. Eeklo, (4.42), van Burggravenstroom naar het Afleidingskanaal van de Leie, kap. :  $3 \times 50 \text{ m}^3/\text{min}$ ,  $\Delta H$  : 1,50 m.
23. Waarschoot (Lieve), (4.52), van de Lieve naar het Brakeleiken, kap. :  $3 \times 60 \text{ m}^3/\text{min}$ ,  $\Delta H$  : 1,60 m.
24. Waarschoot (ringriool), rioolgemaal naar de Burggravenstroom richting Eeklo, kap. :  $3 \times 4$  en  $3 \times 22 \text{ m}^3/\text{min}$ ,  $\Delta H$  : 11,50 m.
25. Zele Hoek, (1.029), van Zele- of Lokerenbeek (1.029) naar de Durme, kap. :  $3 \times 70 \text{ m}^3/\text{min}$ ,  $\Delta H$  : 2,25 m.
26. (a, b) Lokeren, (1.045), van de Lede naar de Durme, kap. :  $6 \times 25$  en  $2 \times 75 \text{ m}^3/\text{min}$ ,  $\Delta H$  : 2,75 m.
27. Pompemaal E3, (1.023), van waterloop 1.023 naar de Durme, kap. :  $3 \times 36 \text{ m}^3/\text{min}$ ,  $\Delta H$  : 3,50 m.
28. Generale Vrije Polder, (8.302), van waterloop 8.302 naar het Leopoldkanaal, kap. :  $2 \times 4 \text{ m}^3/\text{min}$ ,  $\Delta H$  : 1,0 m.

Er zijn geen juiste gegevens bekend over de debieten van de voormelde hydrografische bekkens. Uitgaande van volgende basisgegevens kan het debiet echter theoretisch berekend worden.

Regenneerslag mm/jaar	Waterafvoerende hoeveelheid	
	Regenperiode	Over gans het jaar
600	15% of $900 \text{ m}^3/\text{ha}$	20% of $1200 \text{ m}^3/\text{ha/j}$
800	25% of $2000 \text{ m}^3/\text{ha}$	30% of $2400 \text{ m}^3/\text{ha/j}$
1000	35% of $3500 \text{ m}^3/\text{a}$	40% of $4000 \text{ m}^3/\text{ha/j}$

Bij een opbrengst van  $2000 \text{ m}^3/\text{ha/j}$  over gans het jaar zouden de bestaande hydrografische bekkens van het kanaal Gent-Terneuzen gemiddeld  $2,29 \text{ m}^3/\text{s}$  leveren aan het kanaal. De mogelijke uitbreidingsgebieden zouden  $2,37 \text{ m}^3/\text{s}$  kunnen leveren. Niettegenstaande deze debieten relatief klein zijn t.o.v. het Leie- en Scheldebiet kunnen ze toch van invloed zijn op het zoutgehalte. Ze zijn echter

sterk afhankelijk van de seizoenen. In deze studie zal trouwens blijken dat de hydrografische bekkens die uitmonden in het kanaal in de winter een positief debiet geven terwijl in bepaalde gevallen in de zomer een negatief debiet kan verwacht worden. Het verschil in winter- en zomerdebiet kan van duidelijke invloed zijn op het zoutgehalte. Het grootste deel van de voeding van het kanaal gebeurt echter vooral via de Tolhuisstuw en is grotendeels afhankelijk van het Leie- en Scheldebiet. Om een beter inzicht te geven in de ingewikkelde waterafvoer van Leie en Schelde en in de voeding van het kanaal worden de ermee betrekking hebbende waterlopen afzonderlijk behandeld.

## 2. Verdeling en afvoermogelijkheden van het Leie- en Scheldewater (fig. 7 en 8)

---

### 2.1. Leie

Het hydrografisch bekken van de Leie beslaat een oppervlakte van  $3.814 \text{ km}^2$  waarvan 28% in België en 72% in Frankrijk. De Leie ontspringt te Lisbourg in Frankrijk op een hoogte van 116 m en vervoegt de Schelde in Gent via de Ringvaart. Op Belgisch grondgebied is de Leie ingedeeld in 6 panden met stuwsluizen te Komen, Menen, Harelbeke, Sint-Eloois-Vijve, Astene en Gent. Door de bouw van een nieuwe sluis te Sint-Eloois-Vijve werd het pand Sint-Eloois-Vijve-Astene op hetzelfde peil gebracht als het pand Astene-Gent. Het vak Sint-Eloois-Vijve-Gent heeft nu een peil van 5,61 m. De sluis te Deinze op het Afleidingskanaal van de Leie kon hierdoor buiten werking gesteld worden.

Het debiet van de Leie is zeer wisselvallig. Het kan in natte perioden oplopen tot  $200 \text{ m}^3/\text{s}$  en in droge perioden praktisch tot nul dalen.

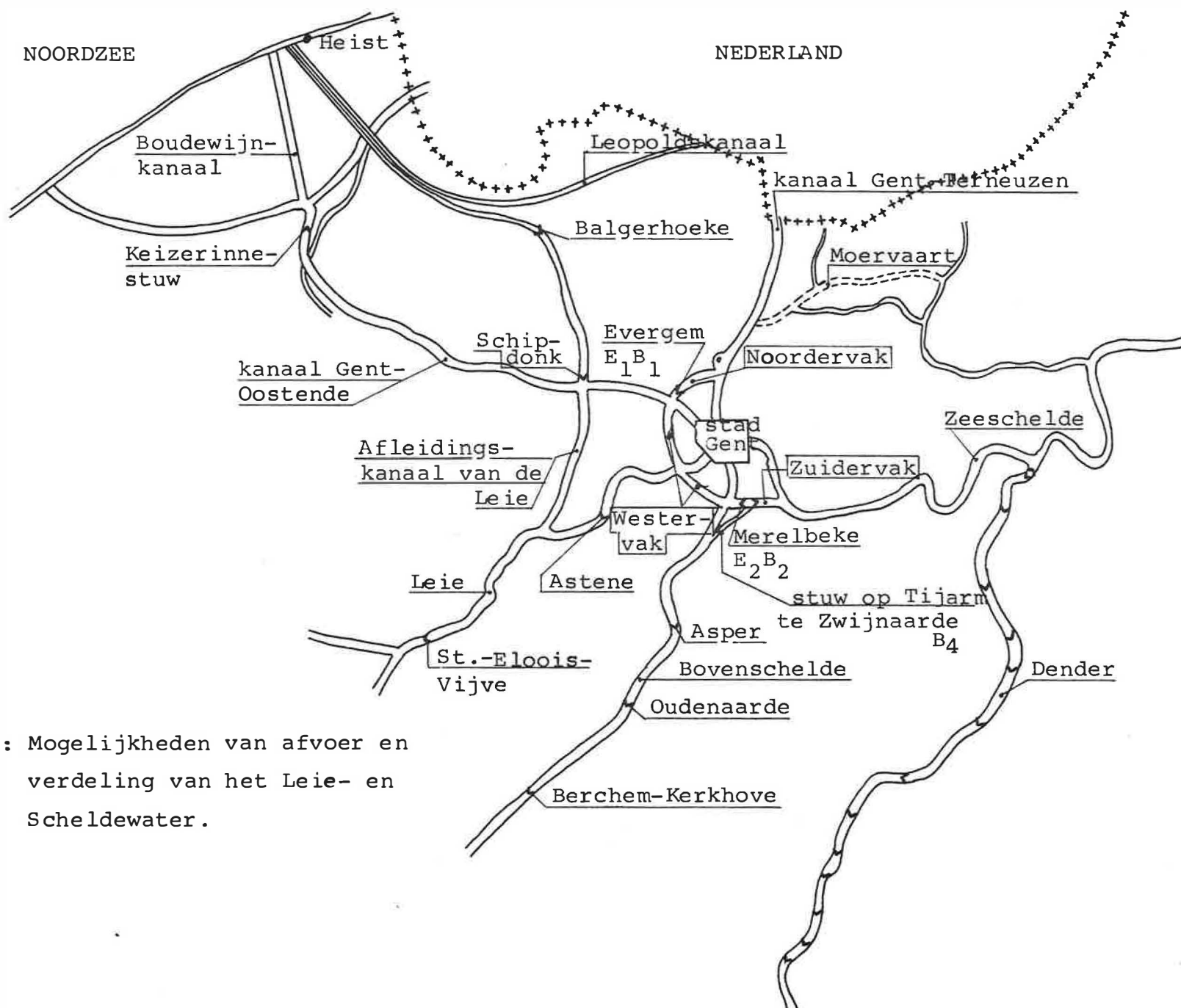


Fig. 7 : Mogelijkheden van afvoer en verdeling van het Leie- en Scheldewater.

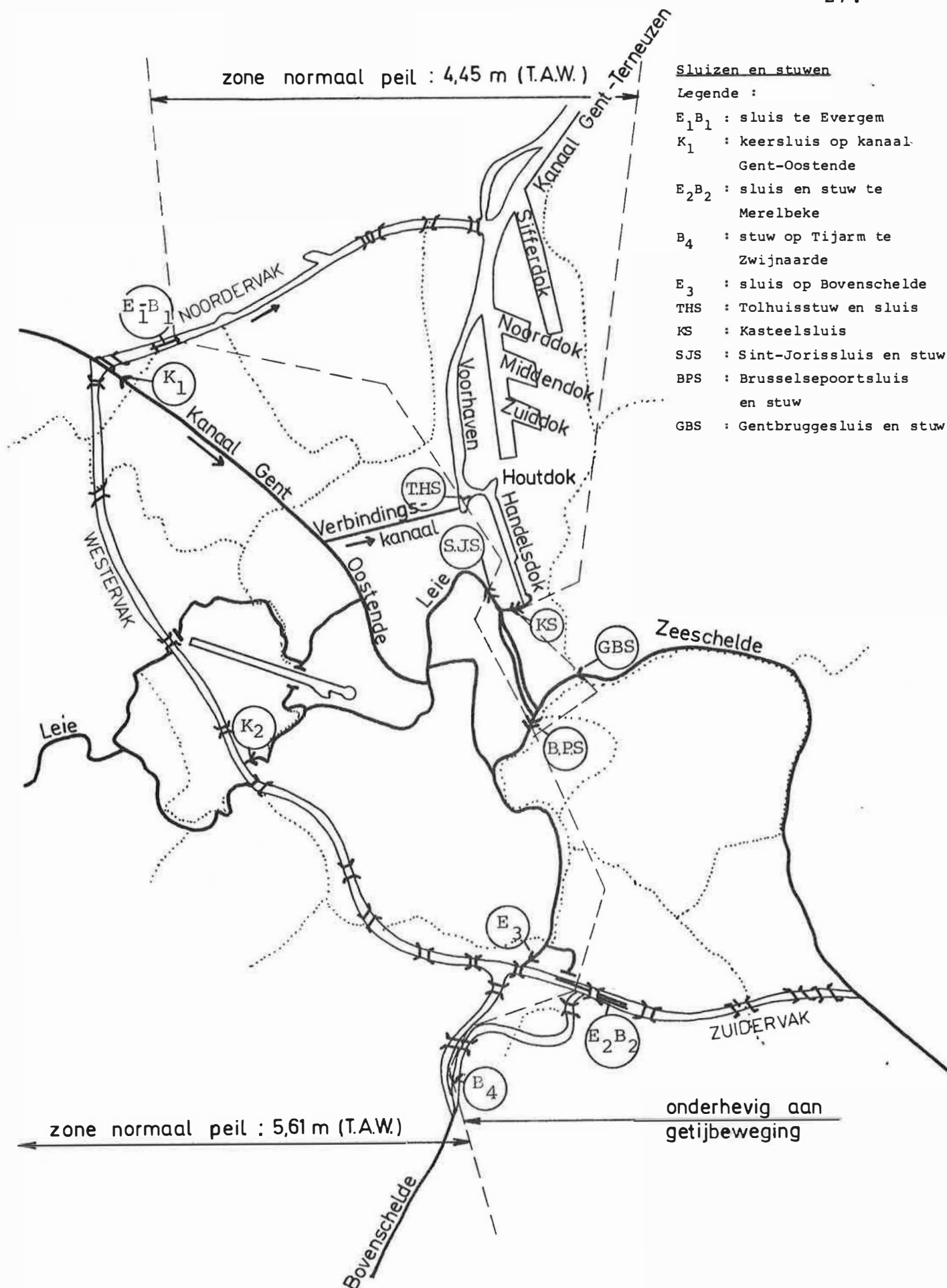


Fig. 8 : Gentse binnenwateren, doortocht en de verschillende panden.

Het water van de Leie wast snel omdat het Leiebekken in de ondergrond voor een groot gedeelte begrensd wordt door ondoordringbare Yperiaanse klei. Ook de waterafvoer van de heuvels in Frankrijk, de ver doorgedreven kanalisatie en het smalle winterbed van de rivier stroomopwaarts Deinze zorgen voor een snel toenemend waterpeil.

Bij het ontwerpen van de Ringvaart te Gent werd rekening gehouden met volgende debieten op de Leie te Deinze :

$$Q_{100} = 240 \text{ m}^3/\text{s};$$

$$Q_{50} = 220 \text{ m}^3/\text{s};$$

$$Q_{20} = 200 \text{ m}^3/\text{s}.$$

$Q_{100}$ ,  $Q_{50}$  en  $Q_{20}$  zijn de debieten die in een periode van respectievelijk 100, 50 en 20 jaar overschreden werden.

De scheepvaart tussen de Leie opwaarts Deinze en Gent gebeurt normaal via het Afleidingskanaal van de Leie en het kanaal Gent-Oostende. Afwaarts de sluis te Astene blijft de Leie haar natuurlijke loop volgen terwijl er stroomopwaarts Deinze een kalibrering is voor de 1.350 ton scheepvaart. In tabel 1 zijn de gemiddelde maandelijkse debieten van de Leie te Sint-Eloois-Vijve voor de periode van 1955 tot 1978 opgegeven. Deze debieten moeten vermenigvuldigd worden met 1,2 om het debiet te Gent te bekomen. In fig. 9 (hoofdstuk III, 3) is het gemiddeld debiet uitgetekend per maand over de periode 1955-1978 te Sint-Eloois-Vijve.

jaar	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
1955	25,5	31,8	19,8	10,9	10,8	12,9	5,7	6,1	5,8	5,1	6,1	9,3
1956	18,4	13,4	20,5	9,8	6,8	7,7	6,9	7,3	9,0	14,2	21,1	21,0
1957	18,3	53,4	33,4	17,5	13,7	10,0	8,9	9,6	9,9	9,6	11,7	12,8
1958	22,6	40,5	35,2	17,6	14,8	14,8	13,9	11,5	13,0	15,3	25,2	35,1
1959	46,9	22,3	21,5	18,4	12,8	8,9	6,9	5,9	4,1	6,4	6,2	14,5
1960	21,7	14,9	12,9	9,1	9,4	6,9	4,2	6,6	7,9	17,6	56,7	50,7
1961	43,7	52,9	29,1	32,6	16,8	12,1	11,3	9,2	9,7	16,9	24,1	42,4
1962	42,1	40,4	26,2	25,7	15,9	10,3	10,8	8,7	9,0	9,4	14,6	15,5
1963	10,3	13,0	20,2	14,6	14,1	12,7	9,4	8,0	10,5	11,8	29,4	15,1
1964	15,8	18,5	22,0	19,5	9,9	17,4	8,6	7,8	6,5	12,4	27,8	32,2
1965	80,5	35,9	25,5	24,3	23,3	20,7	17,6	12,9	23,3	12,6	19,6	91,7
1966	55,0	71,7	43,9	47,6	27,5	22,2	20,8	21,3	15,6	21,7	51,8	92,5
1967	51,9	43,1	43,8	34,4	29,1	21,2	15,6	10,6	11,1	11,6	14,5	23,8
1968	52,9	49,1	37,8	21,7	17,4	13,8	24,5	24,8	32,8	35,7	36,7	29,2
1969	47,5	58,1	45,9	25,8	35,8	33,0	22,2	19,3	14,6	10,9	26,0	46,0
1970	35,6	62,0	58,9	50,4	30,8	20,0	17,0	13,3	14,4	15,5	18,9	16,7
1971	19,8	28,9	18,0	12,2	7,8	12,7	5,6	7,5	4,9	4,9	11,7	8,2
1972	13,6	21,8	11,1	16,4	13,2	10,4	6,1	6,0	5,0	4,1	14,8	17,5
1973	10,5	18,9	9,0	8,7	14,0	10,4	4,8	2,0	4,4	6,2	4,7	9,0
1974	18,3	28,6	20,6	12,6	9,8	9,6	10,4	6,5	13,0	51,7	88,1	52,3
1975	49,5	41,7	60,6	68,0	28,7	24,5	26,0	22,5	26,1	22,8	48,5	45,6
1976	26,8	34,7	18,0	10,9	8,7	6,5	7,3	3,6	8,9	9,6	10,7	18,5
1977	33,0	33,4	26,6	28,5	24,2	25,1	15,5	12,5	9,0	9,3	33,8	34,5
1978	37,1	41,1	25,9	22,8	48,7	20,4	17,0	13,5	12,0	12,1	11,4	21,0
gem.	33,2	36,3	28,6	23,3	18,5	15,2	12,4	10,7	11,7	14,5	25,6	31,5

Tabel 1 : Gemiddelde maandelijkse debieten van de Leie te Sint-Eloois-Vijve.

## 2.2. Afleidingskanaal van de Leie

Daar de Leie slechts een gering verval heeft en de afvoermogelijkheden te klein waren werd het Afleidingskanaal van de Leie gegraven. Het werd aangelegd tussen 1847 en 1863 en begint stroomopwaarts Deinze. Langs dit kanaal kan een deel van het Leiedebiet rechtstreeks in de zee geloosd worden.

Het Afleidingskanaal van de Leie kruist het kanaal Gent-Oostende te Schipdonk (Merendree). Het normaal peil van het gedeelte van het Afleidingskanaal tussen Deinze en Schipdonk is hetzelfde als op de Leie afwaarts Sint-Eloois-Vijve en als op het

gedeelte Gent-Brugge van het kanaal Gent-Oostende (5,61 m). Tussen Deinze en Schipdonk is het kanaal gekalibreerd voor de 1.350 ton scheepvaart. De sluis en de stuw van Schipdonk bevinden zich stroomafwaarts de kruising van het Afleidingskanaal van de Leie en het kanaal Gent-Oostende. Ze kunnen het water afvoeren naar Heist. De afvoer is ook mogelijk via 2 duikers onder het kanaal Gent-Oostende. Het pand tussen Schipdonk en Balgerhoeke heeft een normaal peil van 5 m en is bevaarbaar voor 300 ton schepen. De maximale afvoerkapaciteit van het Afleidingskanaal van de Leie naar Heist bedraagt  $60 \text{ m}^3/\text{s}$ .

### 2.3. Kanaal Gent-Oostende

Dit kanaal is belangrijker voor de scheepvaart dan voor de waterafvoer. Normaal kan er  $20 \text{ m}^3/\text{s}$  afgevoerd worden naar Brugge. Het kanaal heeft een peil van 5,61 m en vormt slechts één pand met het Afleidingskanaal van de Leie tussen Deinze en Schipdonk, de Leie stroomafwaarts Sint-Eloois-Vijve, het Westervak van de Ringvaart en de Bovenschelde tot in Asper.

### 2.4. Schelde

Het hydrografisch bekken van de Schelde heeft een oppervlakte van  $6.146 \text{ km}^2$  waarvan  $2/3$  op Frans en  $1/3$  op Belgisch grondgebied. De Schelde ontspringt op de hoogvlakte van Saint-Quentin op 90 m hoogte en volgt gedeeltelijk het verloop van de Ringvaart te Gent. Op Belgisch grondgebied is de Schelde ingedeeld in 7 panden met stuwsluizen te Antoing, Kain, Spiere, Berchem, Oudenaarde, Asper, Gent-Brusselsepoort en Gentbrugge (de 2 laatste bevinden zich binnen de Ringvaart). Het pand Asper-Gent heeft een peil van 5,61 m.

Het debiet van de Bovenschelde is eveneens zeer veranderlijk. Het varieert van 5 tot  $140 \text{ m}^3/\text{s}$ . Bij



het ontwerpen van de Ringvaart werd rekening gehouden met een maximum debiet van  $200 \text{ m}^3/\text{s}$  op de Bovenschelde aan de monding in de Ringvaart. Door belangrijke verbeteringswerken aan de zijrivieren en verdere kalibreringswerken op de Bovenschelde zal het maximum debiet in de toekomst hoger liggen dan  $200 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Met de formule van FULLER worden volgende maximum debieten te Zwijnaarde berekend :

- vóór de geplande verbeteringswerken in Frankrijk :

$$Q_{100} = 208 \text{ m}^3/\text{s};$$

$$Q_{50} = 188 \text{ m}^3/\text{s};$$

$$Q_{20} = 163 \text{ m}^3/\text{s};$$

- na uitvoering van de geplande verbeteringswerken in Frankrijk :

$$Q_{100} = 363 \text{ m}^3/\text{s};$$

$$Q_{50} = 321 \text{ m}^3/\text{s};$$

$$Q_{20} = 269 \text{ m}^3/\text{s}.$$

In België is de Bovenschelde gekalibreerd voor 1.350 ton scheepvaart.

## 2.5. Ringvaart

De Ringvaart vormt de verbinding tussen de Leie, de Bovenschelde, de Zeeschelde, het kanaal Gent-Oostende en het kanaal Gent-Terneuzen. 2 sluizen verdelen de Ringvaart in 3 panden :

1. Noordervak : het werd in 1965 in gebruik genomen.

Het staat in vrije verbinding met het kanaal Gent-Terneuzen. Het heeft een lengte van 5.747 m, een breedte van 49 m aan de waterlijn, een bodembreedte van 21 m en een waterdiepte van 4,5 m. De sluis  $E_1B_1$  te Evergem vormt de scheiding tussen het Noordervak en het Westervak.

2. Westervak : het werd in 1969 in gebruik genomen

en het vormt een vrije verbinding tussen het kanaal Gent-Oostende, de Leie en de Bovenschelde. Het heeft een lengte van 11.881 m. De natte doorsnede is

dezelfde als deze van het Noordervak. Het sluiszenkomplex  $E_2B_2$  te Merelbeke vormt de scheiding tussen het Westervak en het Zuidervak.

3. Zuidervak : het staat in open verbinding met de Zeeschelde te Melle en is onderhevig aan de getijden. De lengte bedraagt 3.947 m, de bodembreedte 20 m en de diepte is afhankelijk van het getij. Het werd in gebruik genomen in 1969

Tussen het Zuidervak en de Bovenschelde bevindt zich de Tijarm waarlangs een gedeelte van de vloedwaters van de Bovenschelde kunnen afgevoerd worden via de stuw  $B_4$ . De Tijarm is eveneens onderhevig aan de getijden.

#### 2.6. Zeeschelde

De Zeeschelde is de natuurlijke bestemming van het Leie- en Scheldewater. In de winter moet er zoveel mogelijk water naar afgevoerd worden om de diepte ervan te onderhouden.

### 3. Perioden met onvoldoende wateraanvoer te Gent en te nemen maatregelen of voorstellen

---

In de zomer wordt het debiet van de Leie en de Schelde voorbehouden om de waterwegen op peil te houden maar vooral om het kanaal Gent-Terneuzen te voeden. Onder normale omstandigheden wordt er geen water afgevoerd naar Oostende via het kanaal Gent-Oostende, naar Heist via het Afleidingskanaal van de Leie en naar de Zeeschelde.

In tabel 2 zijn de gemiddelde maanddebieten opgegeven van de Leie, de Bovenschelde en van beide samen (te Gent) tijdens de maanden juli, augustus, september en oktober. In fig. 9 is het gemiddeld debiet per maand voor Leie en Bovenschelde samen voor de periode 1955-1976 opgegeven. Alleen in zeer natte perioden bekomt men zowel op de Schelde als op de Leie zomerdebieten van meer dan  $20 \text{ m}^3/\text{s}$ . Daar de

opgegeven cijfers maandgemiddelden zijn kunnen er dagen voorkomen met hoge debieten tijdens dewelke er toch water afgevoerd wordt naar de Zeeschelde of naar Heist. Het totaal gemiddeld debiet wordt dus niet volledig benut voor de voeding van het kanaal Gent-Terneuzen.

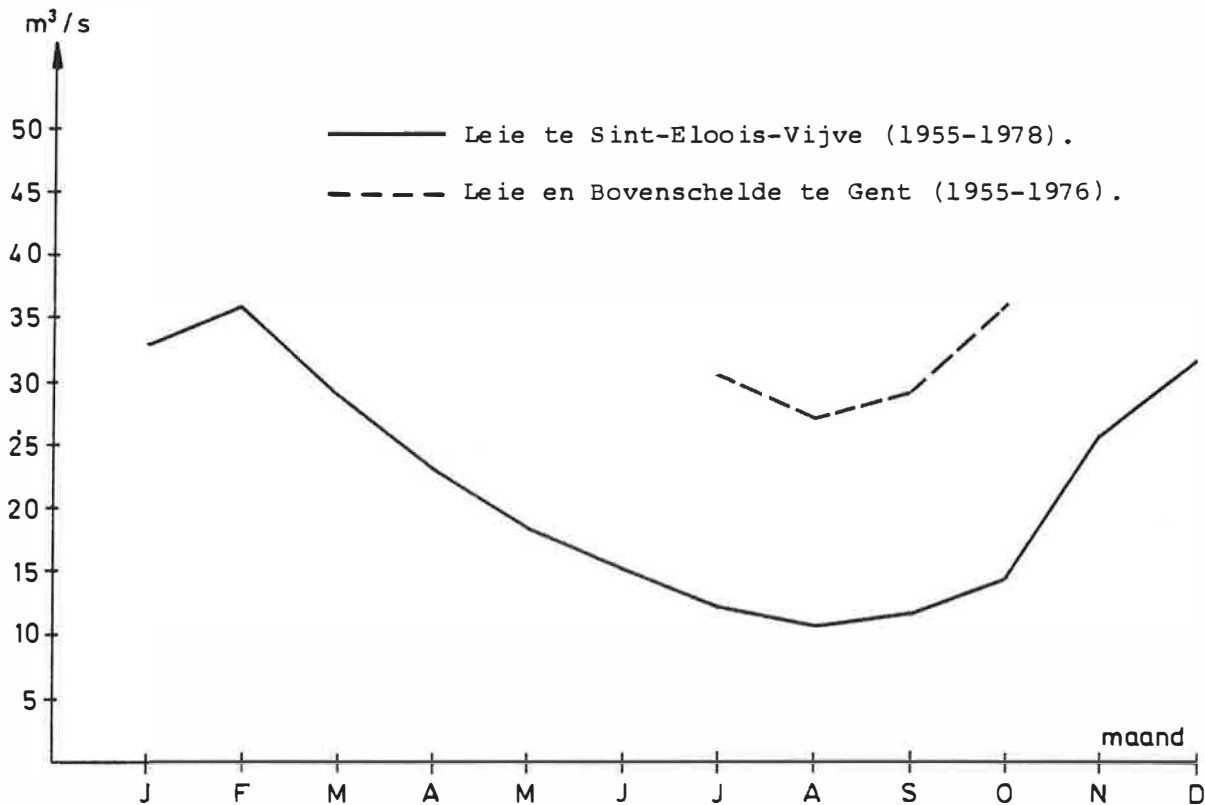


Fig. 9 : Gemiddeld debiet per maand van de Leie te Sint-Eloois-Vijve (1955-1978) en van de Leie en Bovenschelde te Gent (1955-1976).

Uit de kurven van de 2<sup>e</sup> Directie van de Dienst van het Stroomgebied der Schelde kan afgeleid worden dat het debiet op de :

- Leie :

in de periode 1955-1964 gemiddeld 20 dagen per jaar kleiner is dan  $5 \text{ m}^3/\text{s}$ ;

in de periode 1965-1969 gemiddeld 0 dagen per jaar kleiner is dan  $5 \text{ m}^3/\text{s}$ ;

in de periode 1970-1974 gemiddeld 65 dagen per jaar kleiner is dan  $5 \text{ m}^3/\text{s}$ ;

- Bovenschelde :

in de periode 1955-1964 gemiddeld 15 dagen per jaar  
kleiner is dan  $5 \text{ m}^3/\text{s}$ ;

in de periode 1965-1969 gemiddeld 0 dagen per jaar  
kleiner is dan  $5 \text{ m}^3/\text{s}$ ;

in de periode 1970-1974 gemiddeld 60 dagen per jaar  
kleiner is dan  $5 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Jaar	Juli			Augustus			September			Oktober		
	L	BS	T	L	BS	T	L	BS	T	L	BS	T
1955	6,84	7,13	13,97	7,32	7,26	14,58	6,96	6,29	13,25	6,36	5,68	12,04
1956	8,28	8,83	17,11	8,76	8,95	17,71	10,80	8,47	19,27	17,04	16,33	33,37
1957	10,32	11,01	21,33	11,40	12,58	23,98	11,88	13,31	25,19	11,52	18,99	30,51
1958	16,68	18,02	34,70	13,80	16,45	30,25	15,48	16,81	32,29	18,36	21,29	39,65
1959	8,16	11,25	19,41	7,08	10,76	17,84	4,80	9,19	13,99	7,68	7,98	15,66
1960	5,04	8,47	13,51	9,24	9,43	18,67	9,36	9,55	18,91	21,12	15,97	37,09
1961	13,56	12,94	26,50	11,04	10,89	21,93	11,52	10,52	20,04	20,28	26,25	46,53
1962	12,96	14,64	27,60	10,44	14,64	25,08	10,32	12,22	22,59	11,28	11,61	22,89
1963	11,28	16,69	27,97	9,60	13,43	23,03	12,48	9,43	21,91	14,16	14,39	28,55
1964	10,32	9,68	20,00	9,36	8,22	17,58	7,80	7,76	15,54	15,12	10,16	25,28
1965	21,15	20,08	41,23	15,72	23,11	38,83	27,84	25,16	53,00	15,00	16,21	31,21
1966	24,96	33,39	58,35	25,44	26,62	52,06	18,72	23,71	42,43	26,04	31,46	57,50
1967	18,72	21,29	40,01	12,72	18,87	31,59	13,20	20,08	33,28	13,92	22,24	36,66
1968	29,28	31,33	60,61	29,64	27,34	56,98	39,24	33,51	72,75	42,72	38,23	80,95
1969	26,64	30,97	57,61	23,16	24,80	47,96	17,52	20,81	38,33	13,08	17,18	30,26
1970	20,52	23,59	44,11	15,96	19,84	35,80	17,28	17,42	34,70	18,60	18,39	36,99
1971	6,70	16,09	22,79	8,97	14,15	23,12	5,83	10,53	16,36	5,91	11,13	17,04
1972	7,27	15,81	23,08	7,23	14,99	22,22	6,04	11,71	17,25	4,93	11,09	16,02
1973	5,73	11,01	16,74	2,36	8,09	10,45	5,24	6,95	12,19	7,40	10,29	17,69
1974	12,50	10,43	22,93	7,83	11,03	18,86	15,55	15,97	31,52	61,96	55,15	117,1
1975	31,20	14,88	46,08	27,00	15,00	42,00	31,32	14,76	46,08	27,36	14,88	42,24
1976	8,82	7,36	16,18	4,27	5,83	10,10	10,66	7,28	17,94	11,58	8,10	19,68
gem.	14,4	16,1	30,5	12,7	14,6	27,3	14,0	14,1	28,1	17,8	18,3	36,1

Tabel 2 : Gemiddelde maandelijkse debieten van de Leie (L),  
de Bovenschelde (BS) en het totaal ervan (T) te Gent.

Het gemiddeld debiet van de Leie en de Bovenschelde  
moet nog verminderd worden met de volgende verliezen om  
het voedingsdebiet van het kanaal Gent-Terneuzen te be-  
komen :

- het voedingswater voor de kanalen in West-Vlaanderen  
via de sluis te Brugge;

- de lek- en schutverliezen aan de sluis en de stuw te Schipdonk;
- de lek- en schutverliezen aan de oude sluizen en stuwen in de doortocht te Gent;
- de lekverliezen aan de stuw B<sub>4</sub> op de Tijarm te Zwijn-aarde;
- de lek- en schutverliezen aan de sluizen en stuwen te Merelbeke op de Ringvaart;
- de kwel- en verdampingsverliezen.

Al deze verliezen samen zullen waarschijnlijk van relatief groot belang zijn in droge perioden.

Volgens het traktaat tussen België en Nederland (20 juni 1960) moet het debiet echter voldoende groot zijn opdat het zoutgehalte aan het referentiepunt niet boven de 3,5 g Cl<sup>-</sup>/l zou stijgen.

Het schutverlies aan de West- en Oostsluis wordt geraamd op 5 m<sup>3</sup>/s. Daarbij is er nog een belangrijk debiet nodig om het binnengekomen zout water te spuien. In Nederland zijn er nog 0,2 m<sup>3</sup>/s blijvende verliezen en 0,8 m<sup>3</sup>/s kwelverliezen.

Zelfs indien een debiet van 17 m<sup>3</sup>/s voldoende zou zijn voor de voeding van het kanaal Gent-Terneuzen en van de andere kanalen (W.-Vl.) komen er toch perioden voor waarin er onvoldoende watertoevoer is. Ter illustratie vermelden wij een totaal tekort van 56 miljoen m<sup>3</sup> in 1955 en een tekort van 20 miljoen m<sup>3</sup> in september 1959.

#### Voorstellen om het watertekort te beperken

- De lek- en schutverliezen aan stuwen en sluizen zoveel mogelijk beperken.
- De bouw van een verzamelbekken. Een verzamelbekken van 20 miljoen m<sup>3</sup> zou in een tijdsduur van één maand 7,7 m<sup>3</sup>/s debiet geven en in 4 maanden 1,9 m<sup>3</sup>/s.
- De aanleg van een reserve door de verhoging van het

waterpeil van de waterlopen is praktisch onuitvoerbaar. Dit zou trouwens het overstromingsgevaar verhogen bij plotse toename van de waterstand. Een verhoging van 30 cm zou slechts ca. 4 miljoen m<sup>3</sup> opleveren.

Verder moet er in de zomerperioden zoveel mogelijk water afgevoerd worden naar het kanaal Gent-Terneuzen om de zoutindringing tegen te gaan. Anderzijds moet het zomerdebiet gebruikt worden om de verschillende waterwegen op peil te houden voor de scheepvaart. Het Leiewater werd vroeger grotendeels rechtstreeks naar de zee afgevoerd via het afleidingskanaal van de Leie. Sedert de verbreding van het kanaal Gent-Terneuzen moet dit water nu ook gebruikt worden voor de voeding van het kanaal. De stuwen B<sub>2</sub> en B<sub>4</sub> te Zwijnaarde zijn normaal gesloten.

#### 4. Perioden van overtollige wateraanvoer te Gent en te nemen maatregelen of voorstellen

---

Bij overtollige wateraanvoer moeten alle waterwegen maximaal benut worden. Het water van de Bovenschelde vloeit rechtstreeks naar de Zeeschelde via het Zuidervak. Het afgevoerde Leiewater wordt in Deinze verdeeld over de Leie, die het water afvoert naar het Westervak van de Ringvaart en over het Afleidingskanaal van de Leie, dat het water afvoert naar Schipdonk. Dit debiet wordt nogmaals gesplitst te Schipdonk in een deel dat via het kanaal Gent-Oostende afvloeit naar Brugge, een deel dat via het Afleidingskanaal van de Leie afvloeit naar Heist en een deel dat via het kanaal Gent-Oostende afvloeit naar het Westervak van de Ringvaart. Het gedeelte dat in het Westervak van de Ringvaart terechtkomt wordt enerzijds via het kanaal Gent-Terneuzen naar Terneuzen afgevoerd en anderzijds via het Zuidervak naar de Zeeschelde.

Ter illustratie wordt hierna de waterverdeling samengevat van de hoge waterstanden van 15-20 november 1974 en van 14-18 januari 1981.

### Hoge waterstanden van 15-20 november 1974

De opgegeven debieten zijn gemiddelden voor de periode van 17.11.74 (0h) tot 18.11.74 (24h). De debietverdeling is samengevat in fig. 10.

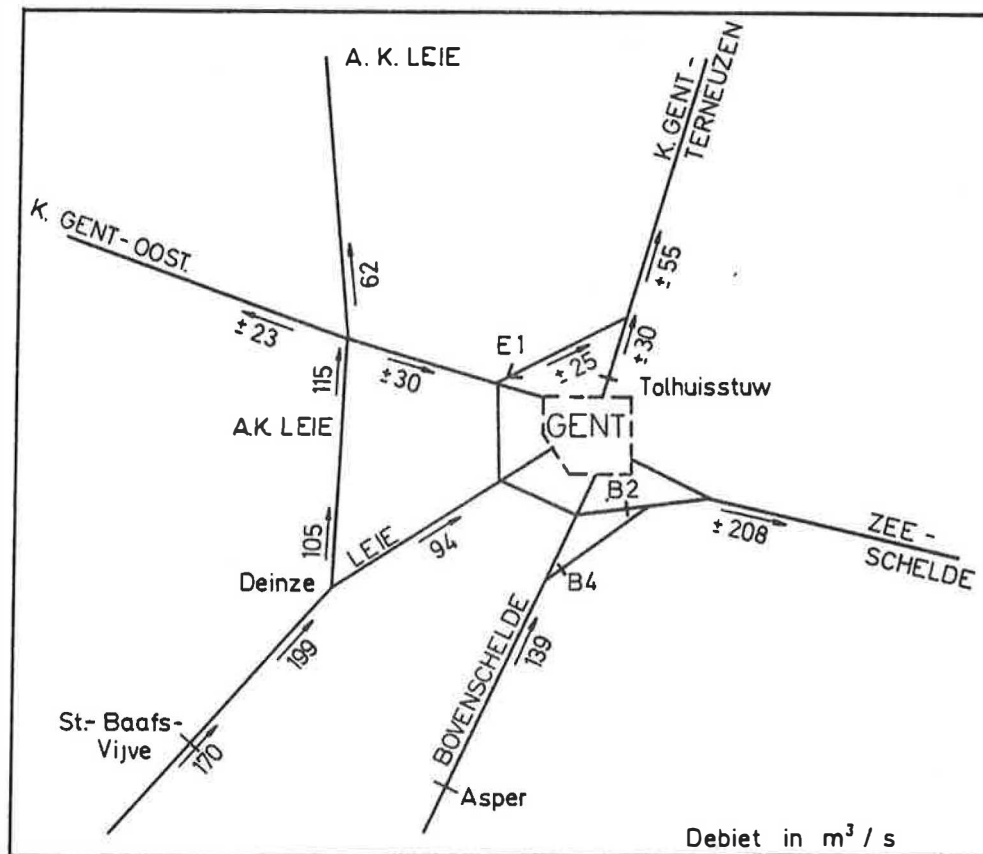


Fig. 10 : Afvoer en verdeling van het Leie- en Scheldewater van 17.11.74 tot 18.11.74.

Het gemiddeld debiet van de Bovenschelde te Asper is  $136 \text{ m}^3/\text{s}$ . Uitgaande van de oppervlakten van de hydrografische bekkens wordt het gemiddeld debiet te Zwijnaarde bekomen door het debiet te Asper te vermenigvuldigen met 1,02. Het debiet te Zwijnaarde bedraagt aldus  $139 \text{ m}^3/\text{s}$ . Het gemiddeld debiet van de Leie te Deinze is  $199 \text{ m}^3/\text{s}$ . 47% wordt afgevoerd via de Leie en 53% via het Afleidingskanaal van de Leie. De  $115 \text{ m}^3/\text{s}$  op het Afleidingskanaal van de Leie wordt te Schipdonk verdeeld als volgt :

- $30 \text{ m}^3/\text{s}$  : kanaal Gent-Oostende, richting Gent;
- $23 \text{ m}^3/\text{s}$  : kanaal Gent-Oostende, richting Brugge;

-  $62 \text{ m}^3/\text{s}$  : Afleidingskanaal van de Leie, richting Heist.

Te Gent wordt er in totaal  $55 \text{ m}^3/\text{s}$  afgevoerd naar het kanaal Gent-Terneuzen, zijnde  $25 \text{ m}^3/\text{s}$  via het Noordervak van de Ringvaart en  $30 \text{ m}^3/\text{s}$  via de Tolhuisstuw. Er wordt  $208 \text{ m}^3/\text{s}$  afgevoerd naar de Zeeschelde.

Hoge waterstanden van 14-18 januari 1981

In deze periode werden de hoogst gekende waterstanden op de Ringvaart te Gent genoteerd. De opgegeven debieten zijn gemiddelden voor de periode van 15.01.81 (12h00) tot 16.01.81 (12h00). De debietverdeling is samengevat in fig. 11.

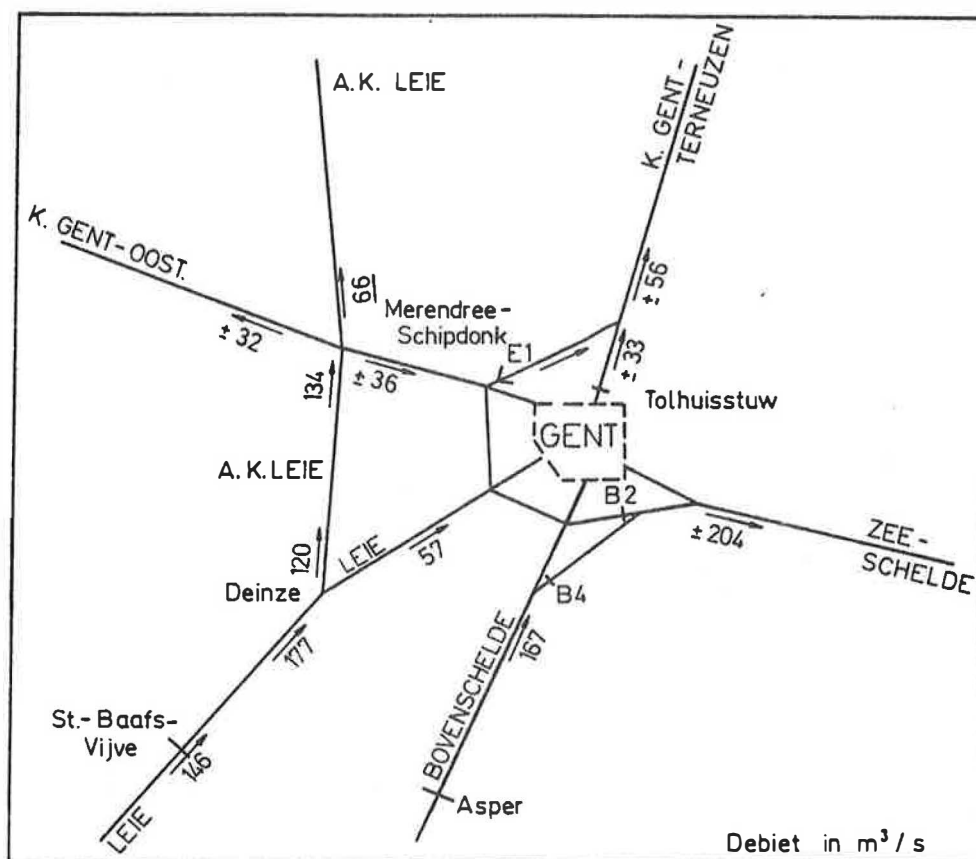


Fig. 11 : Afvoer en verdeling van het Leie- en Scheldewater van 15.01.81 tot 16.01.81.



Het gemiddeld debiet van de Bovenschelde is  $167 \text{ m}^3/\text{s}$  (debiet Asper x 1,02). Het gemiddeld debiet van de Leie te Deinze is  $177 \text{ m}^3/\text{s}$ .  $57 \text{ m}^3/\text{s}$  wordt afgevoerd via de Leie en  $120 \text{ m}^3/\text{s}$  via het Afleidingskanaal van de Leie. De  $134 \text{ m}^3/\text{s}$  te Schipdonk wordt als volgt verdeeld :

- $36 \text{ m}^3/\text{s}$  : kanaal Gent-Oostende, richting Gent;
- $32 \text{ m}^3/\text{s}$  : kanaal Gent-Oostende, richting Brugge;
- $66 \text{ m}^3/\text{s}$  : Afleidingskanaal van de Leie, richting Heist.

Te Gent wordt er  $56 \text{ m}^3/\text{s}$  afgevoerd naar het kanaal Gent-Terneuzen. Daarvan wordt  $23 \text{ m}^3/\text{s}$  afgevoerd via het Noordervak van de Ringvaart en  $33 \text{ m}^3/\text{s}$  via de Tolhuisstuw.  $204 \text{ m}^3/\text{s}$  wordt afgevoerd naar de Zeeschelde. Tabel 3 geeft de waterverdeling weer in Gent van 15.01.81 (12h00) tot 16.01.81 (12h00), in 3 perioden.

Afvoer via	15.01.81 12h00-18h00	15.01.81 18h00- 16.01.81 06h00	16.01.81 06h00-12h00
Sluis $E_1$ (Noordervak)	0	50	0
Tolhuisstuw	37	32	32
Zeeschelde	200	191	215

Tabel 3 : Afvoer en verdeling van het Leie- en Scheldewater te Gent van 15.01.81 tot 16.01.81.

Aan de sluis  $E_1$  werd slechts gedurende een beperkte periode geloosd door de spuirollen (elk  $3 \times 3 \text{ m}$ ). Het gemiddeld debiet in deze periode wordt geraamd op  $50 \text{ m}^3/\text{s}$ . Opwaarts de Tolhuisstuw schommelden de waterhoogten op 15.01.81 tussen 6,13 en 6,36 m (T.A.W.). Dit peil is 0,30 tot 0,35 m lager t.o.v. het waterpeil opwaarts de sluis  $E_1$  te Evergem.

### Vergelijking en samenvatting van de twee hoogwaterstanden

In 1974 ging 53% van het Leiedebiet naar het Afleidingskanaal van de Leie en 47% naar de Leie, richting Astene terwijl in 1981 68% naar het Afleidingskanaal van de Leie stroomde en 32% naar de Leie, richting Astene. Deze verandering is voornamelijk te wijten aan het afbreken van de sluis en de stuw op het Afleidingskanaal van de Leie te Deinze.

Op de splitsing te Merendree-Schipdonk vloeide in 1974 en 1981 respectievelijk 26 en 27% van het debiet af via het kanaal Gent-Oostende, richting Gent.

In 1974 bedroeg het totale debiet van het bekken van de Leie, het Afleidingskanaal van de Leie en de Schelde  $348 \text{ m}^3/\text{s}$  en in 1981  $358 \text{ m}^3/\text{s}$ . In 1974 werd  $263 \text{ m}^3/\text{s}$  (76%) en in 1981  $260 \text{ m}^3/\text{s}$  (73%) afgevoerd naar Gent. Van het totale debiet werd er in 1974  $55 \text{ m}^3/\text{s}$  (16%) en in 1981  $56 \text{ m}^3/\text{s}$  (16%) naar het kanaal Gent-Terneuzen afgevoerd.

Buiten de 2 hiervoor behandelde perioden kunnen vanaf 1955 nog de volgende hoge waterstanden genoteerd worden. De maximale debieten op de Leie en/of de Schelde (Zwijnaarde) worden hierna opgegeven.

	<u>Leie</u>	<u>Schelde</u>
25.01.58-02.02.58	-	192
02.01.65-05.01.65	150	-
21.12.65-28.12.65	139	208
12.12.66-28.12.66	155	218
30.12.66-04.01.67	-	206
27.03.75-04.04.75	140	-
02.05.78-05.05.78	134	-
15.12.79-17.12.79	144	-
03.02.80-06.02.80	130	-
20.07.80-23.07.80	150	-

Hierna kwamen er nog hoge waterstanden voor op 11 maart 1981, 9 december 1981, 15 december 1981 en van 31 januari tot 3 februari 1983.

In de loop der tijden heeft Gent dikwijls met overstromingen te kampen gehad. Ze werden veroorzaakt door de grote debieten op Leie en Bovenschelde, door de hoge waterstanden op de Zeeschelde na een stormtij of door beide samen. Het is van groot belang, maar ook zeer moeilijk, te bepalen wanneer de hoogwaterstanden op de Leie en de Schelde terzelfdertijd voorkomen met een stormtij op de Zeeschelde. Als beiden samenvallen kunnen zeer hoge waterstanden verwacht worden zoals b.v. in januari 1981. Er werd reeds een aanzienlijke verbetering verwezenlijkt in de waterafvoer van de Bovenschelde en van de Leie naar de Zeeschelde door de aanleg van de Ringvaart. Vroeger moest het water door de waterlopen van Gent terwijl het nu rechtstreeks via de Ringvaart naar de Zeeschelde kan afgevoerd worden. Deze verbetering wordt gedeeltelijk tenietgedaan door de verhoging en de versterking van de dijken op de Zeeschelde, de kalibreringswerken van de hoger gelegen rivieren en de toenemende urbanisatie.

Vroeger begaven de dijken van de Zeeschelde waardoor bepaalde gebieden overstroomd werden en het waterpeil verlaagd werd. De kalibrerings- en urbanisatiewerken zoals het aanleggen of verbeteren van rioleringen, de wegenbouw en de aanleg van verharde terreinen, de drainage van gronden, enz..., zorgen ervoor dat het water veel vlugger afstroomt en er grotere maximum debieten zullen te verwachten zijn.

#### Maatregelen en/of voorstellen ter beperking van de wateroverlast te Gent

- Afsluiting van de Gentse binnenwateren. Er werden waterkerende konstrukties voorzien op alle waterwegen van de Gentse binnenstad die in verbinding staan met de Ringvaart en de Zeeschelde, nl. :
  - aanpassingswerken aan de stuwsluit te Gentbrugge;
  - de keersluit  $K_1$  op het kanaal Gent-Oostende;
  - de keersluit  $K_2$  op de Leie (voltooid in 1981);

- de sluis  $E_3$  op de Bovenschelde.

Als al deze waterkeringen gesloten worden zal er geen water meer afgevoerd worden naar de Tolhuisstuw. Het is echter de bedoeling om het effluent van het afvalwaterzuiveringsstation van Gent af te voeren naar de Tolhuisstuw via de Gentse binnenwateren.

- Grotere rechtstreekse afvoer naar de zee via het kanaal Gent-Terneuzen en dit grotendeels langs het Noordervak van de Ringvaart. Hiervoor zou er naast de sluis te Evergem een stuw moeten gebouwd worden zodat er bij waterafvoer geen hinder meer is voor de scheepvaart. Bij het ontwerpen van deze stuw zou men er kunnen van uitgaan dat er kontinu  $200 \text{ m}^3/\text{s}$  moet afgevoerd worden. Dit is ook het maximum debiet in het Noordervak van de Ringvaart. Er dient echter opgemerkt te worden dat bij grote debieten van Leie en Schelde het water sterk beladen is met vaste deeltjes die zullen bezinken door het groot verschil in de natte doorsnede van de toevoerwaterlopen en het kanaal Gent-Terneuzen.
- Aanleggen van onder controle gehouden overstromingsgebieden langs de Zeeschelde.
- Grotere afvoer van het Leiedebiet naar Heist.

In de winter moet het kanaal Gent-Terneuzen zoveel mogelijk gevoed worden terwijl de Zeeschelde ook zoveel mogelijk water vraagt om voldoende diepgang te behouden.

5. Te verwachten effect van de lozing van het effluent van het waterzuiveringsstation van Gent in de Gentse binnenwateren en van de voeding van het kanaal via de Ringvaart

Daar de Gentse binnenwateren in de toekomst zullen afgesloten worden van de Bovenschelde, de Leie en het kanaal Gent-Oostende door de hiervoor vermelde sluizen zal alleen het effluent van het waterzuiveringsstation kunnen gebruikt worden voor de voeding van de Gentse binnenwateren. Er dienen hierbij twee bedenkingen gemaakt te worden. Ten eerste zal het debiet van het effluent

relatief klein zijn om voldoende doorstroming te hebben , en ten tweede kan de vraag gesteld worden of de kwaliteit van het effluent beter zal zijn dan deze van de Boven-schelde en de Leie. Uit onze studie is immers gebleken dat de waterkwaliteit van de Bovenschelde en de Leie de laatste jaren verbeterd is en eenmaal alle bedrijven en gemeenten hun afvalwater zullen zuiveren kan er in de toekomst nog meer verbetering verwacht worden. Anderzijds zal uit economische overwegingen de zuivering van het Gentse afvalwater minder ver doorgedreven worden dan voorzien. Positief is echter dat het kollekteren van het afvalwater het grootste effect zal hebben op de kwaliteit van de Gentse binnenwateren.

De mogelijke supplementaire waterafvoer via de Ringvaart (stuw-sluis  $E_1B_1$ ) zal zeker positieve gevolgen hebben in perioden van wateroverlast en zal bovendien een positieve invloed hebben op het terugdringen van de zouttong stroomafwaarts de Ringvaart. Daarentegen zal het afschaffen van de voeding via de Tolhuisstuw op bezwaren stuiten. De zouttong die in droge perioden tot in Gent is binnengedrongen zal niet meer teruggespoeld worden door het kleine debiet van het effluent van het afvalwaterzuiveringsstation. De overblijvende verontreiniging tussen de Tolhuisstuw en de Ringvaart zal niet meer afgevoerd worden en kan in dit kanaalgedeelte een kwaliteitsverslechtering tot gevolg hebben. De Tolhuisstuw staat ook in voor een zuurstofaanrijking van het water van ongeveer 2,5 mg/l.

## HOOFDSTUK IV

INFRASTRUKTUUR VAN HET KANAAL GENT-TERNEUZEN1. Profielen en oeververbindingen

Het kanaal is 30.800 m lang vanaf de Tolhuisstuw te Gent tot aan de sluizen te Terneuzen. De afstand op Belgisch grondgebied bedraagt 17.145 m.

Het typeprofiel van het kanaal ziet er uit als volgt :

	<u>Op Belgisch grondgebied</u>	<u>Op Nederlands grondgebied</u>
Bodembreedte	67,7 m	62 m
Breedte aan de waterlijn	200 m	150 m
Diepte	13,5 m	13,5 m
Natte doorsnede	1.804 m <sup>2</sup>	1.431 m <sup>2</sup>
Nieuwe natte doorsnede/ oude natte doorsnede	6,8	5,4

Op verschillende plaatsen wordt sterk afgeweken van het typeprofiel. De dwarsprofielen worden gesitueerd in fig. 12a en de bijzonderste dwarsprofielen zijn weergegeven in fig. 12b.

De dokken op Belgisch grondgebied zijn : Handelsdok, Voorhaven, Groot dok, Zuiddok, Middendok, Noorddok, Schepen Sifferdok, Petroleumdok en Rodenhuizedok.

De vaste oeververbindingen op Belgisch grondgebied zijn :

- Ringspoorbrug (spoorweg);
- Meulestedebrug;
- tunnel te Zelzate (verbinding Antwerpen-kust, bestaat uit 2 kokers van 9,50 m met elk twee rijstroken);
- Zelzatebrug (beweegbare brug met een doorvaartbreedte van 60 m en een doorvaarthoogte van 7,25 m in gesloten stand).

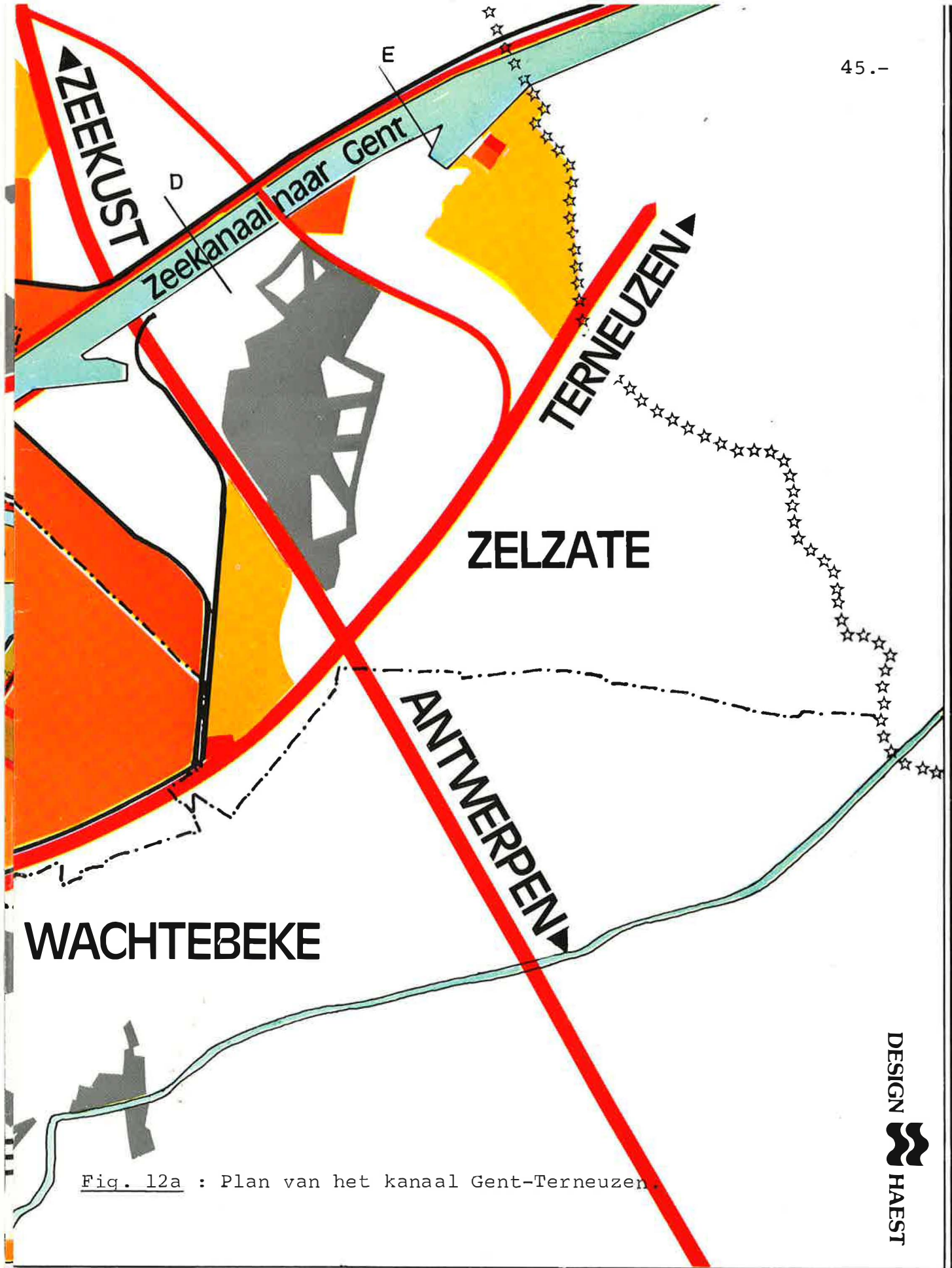
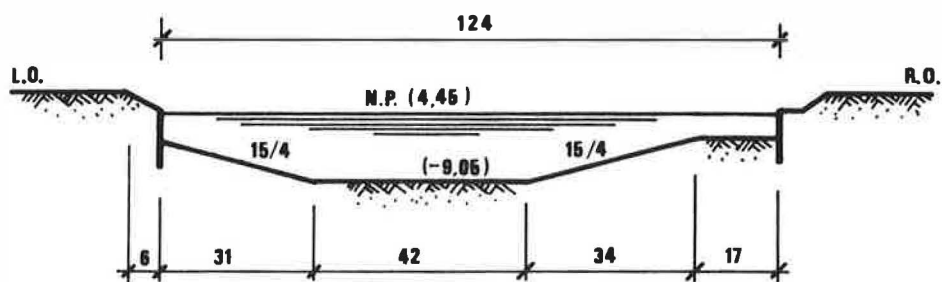
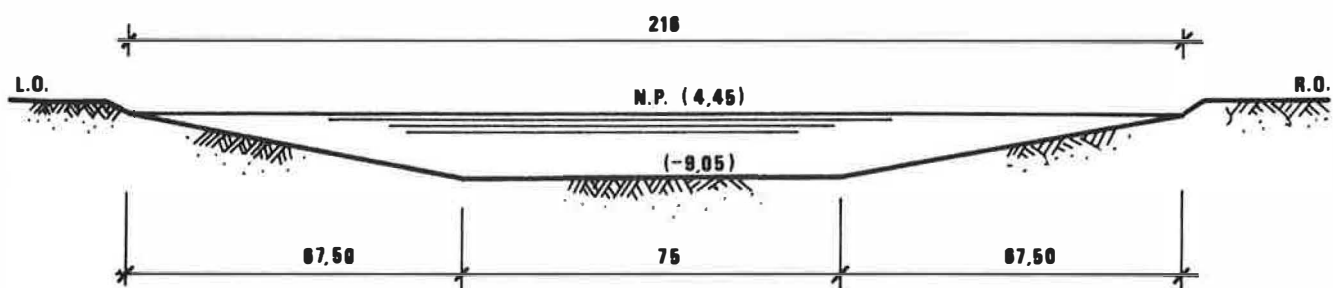


Fig. 12a : Plan van het kanaal Gent-Terneuzen.

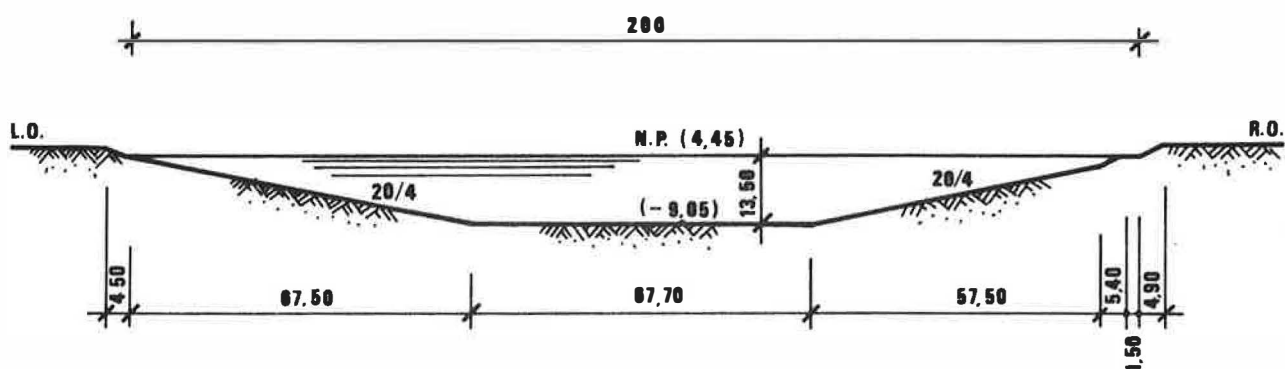
A



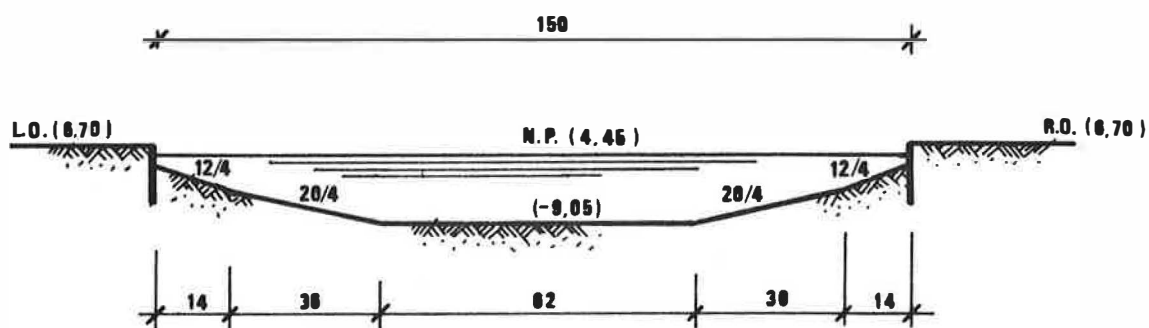
B



C

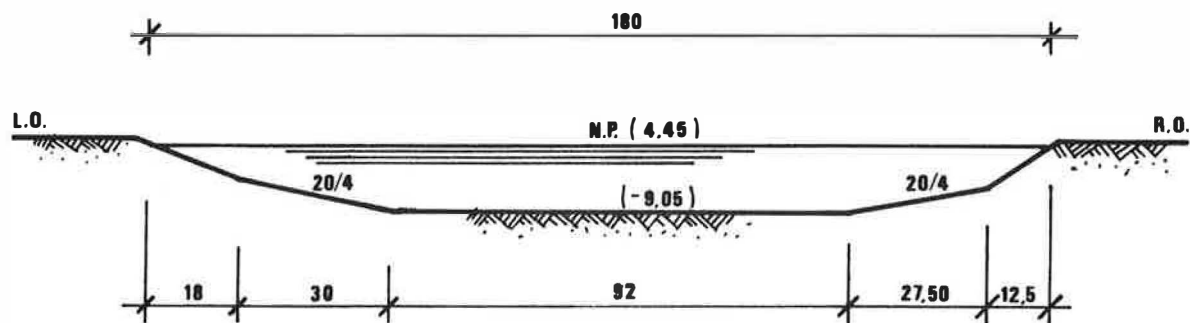


D

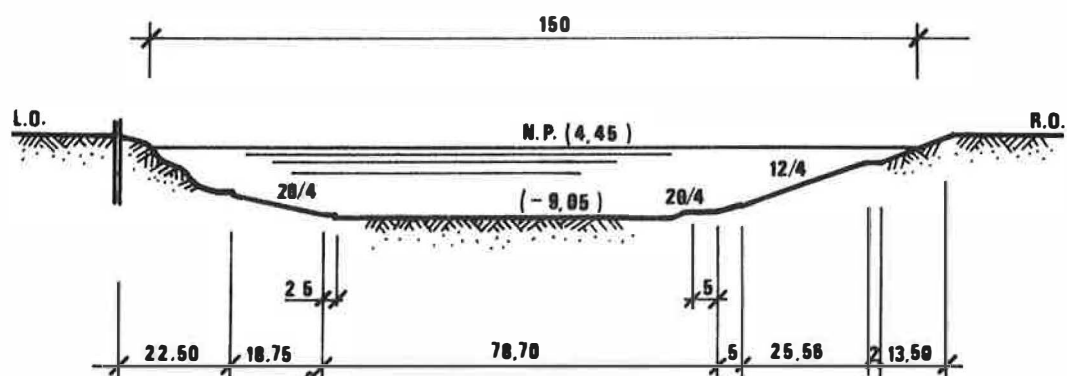




E



F tussen Sas van Gent en Sluiskil



G tussen Sluiskil en Terneuzen

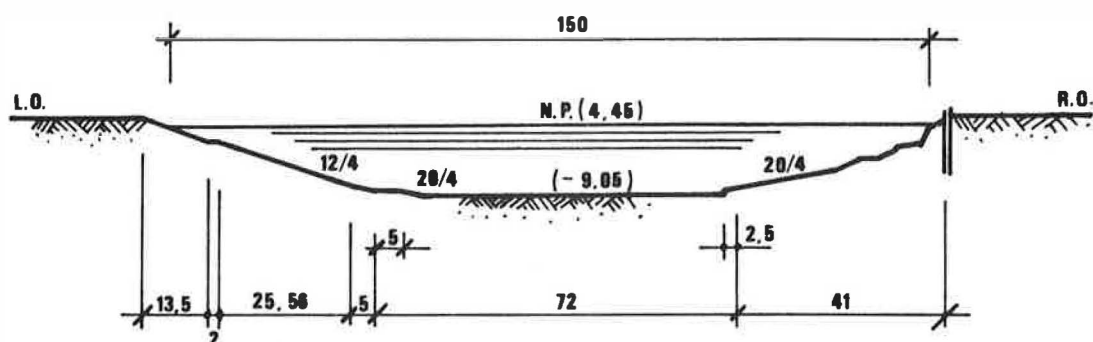


Fig. 12b : Dwarsprofielen van het kanaal Gent-Terneuzen

Daarnaast is er nog een veerdienst te Langerbrugge en één te Terdonk.

Op Nederlands grondgebied zijn er 2 vaste oeververbindingen, nl. de brug te Sas van Gent en de brug te Sluiskil. Het zijn beiden draaibruggen met een netto doorvaartwijdte van 60 m en een doorvaarthoogte van 7 m, zodat de meeste binnenvaartschepen onder de brug kunnen doorvaren. De brug te Sluiskil is eveneens ingericht voor het spoorverkeer.

## 2. Verbinding van het kanaal Gent-Terneuzen met de Westerschelde

---

De volgende 3 sluizen verbinden het kanaal met de Westerschelde :

- de Westsluis (voor de zeescheepvaart);
- de Middensluis;
- de Oostsluis (voor de binnenscheepvaart).

De ligging van de sluizen is weergegeven in fig. 13.

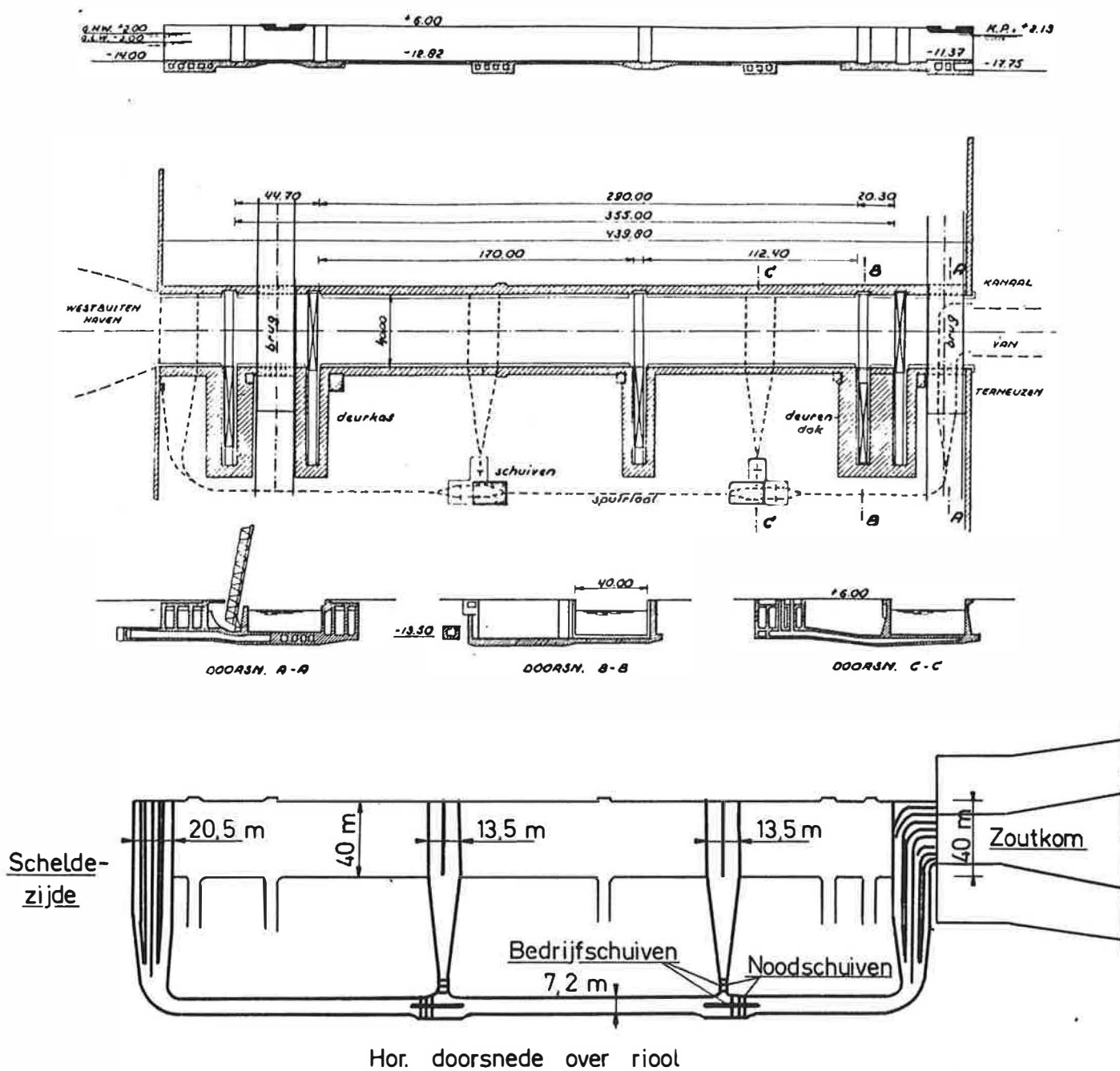
### 2.1. Westsluis (fig. 14)

#### 2.1.1. Technische beschrijving

De Westsluis heeft een capaciteit van 60.000 ton. De totale sluisbreedte bedraagt 40 m. Tussen de houten drijframen is de sluisbreedte 38 m. De drijframen zijn elk 0,9 m breed. Ze werden aangebracht langs weerszijden van de sluis-muren om de schepen en de kolkwanden te beschermen. De ongedeelde schutkolk is 290 m lang tussen de binnendeuren en 355 m tussen de buitendeuren. Het binnenhoofd heeft een diepte van 13,5 m onder het kanaalpeil. Het buitenhoofd en de vloer van de sluis liggen ca. 10,8 m onder de gemiddelde laagwaterstand en ca. 14,8 m onder de gemiddelde hoogwaterstand op de Westerschelde. Het binnen- en buitenhoofd



Fig. 13 : Inplanting vande sluizen te Terneuzen.



werden elk voorzien van twee stalen roldeuren als keringsmiddel. Het tussenhoofd heeft één stalen roldeur en kan de schutkolk verdelen in twee deelkolken van respectievelijk 170 en 112,4 m.

De deuren steunen op twee onder water liggende rolwagens die over rails lopen. Aan de bovenzijde is er eveneens een rolwagen die in een goot boven de deurkas loopt. Hieraan zijn de kabels verbonden waarmee de roldeur wordt bewogen. De roldeuren zijn voorzien van luchtkisten waardoor de verticale belasting op de rolwagens verminderd wordt. De sluis wordt overbrugd door twee basculebruggen die met een ongedeelde klap de volledige sluisbreedte overbruggen. Deze dubbele overbrugging zorgt ervoor dat er altijd een vrije doorgang is voor het verkeer tussen Terneuzen en België en westelijk Zeeuws-Vlaanderen. De brug over het buitenhoofd ligt tussen de twee stalen roldeuren. De noordelijke roldeur beschermt de brug tegen hoge stormvloeden. De zuidelijke roldeur beschermt de brug bij het invaren van de kolk door schepen komende van het kanaal. De brug over het binnenhoofd bevindt zich aan de kanaalzijde van de roldeuren.

De zeesluis werd uitgevoerd in gewapend beton met een stalen fundering. Er werd 240.000 m<sup>3</sup> beton, 20.000 ton bewapeningsstaal, aanzienlijke hoeveelheden konstruktiestaal, stalen damplanken, enz..., in verwerkt. Aansluitend op het betonwerk van de sluis zijn aan weerszijden verende geleide werken geplaatst uit stalen buispalen, gekoppeld door horizontale buisliggers, waaraan houten balken zijn opgehangen. De waterkerende hoogte van de schutsluis

en de roldeuren is N.A.P. +6,0 m. Hiervoor werd uitgegaan van de maatgevende stormvloed van N.A.P. +5,65 m die waarschijnlijk éénmaal in 10.000 jaar voorkomt. De bovenkant van de vloer van de schutsluis ligt op N.A.P. -12,82 m terwijl er zich aan het binnenhoofd een drempel bevindt op N.A.P. -11,37 m.

Het vullen en ledigen van de sluis en de afvoer van het kanaalwater wordt geregeld door een spuirool die gebouwd werd aan de westzijde van de sluis. De spuirool heeft een diepgelegen instroomopening aan de kanaalzijde. Een geperforeerde bodemplaat aan het buitenhoofd vormt de uitstroomopening. Op de spuirool werden twee dwarslopende riolen aangesloten die elk uitmonden in een deelkolk via een geperforeerde bodemplaat. Twee schuivensystemen aan de aansluiting van de dwarsriolen op de spuirool regelen het vullen en het ledigen van de kolken en het spuien van kanaalwater.

Bij een extreem verval van 6 m kan de ongedeelde kolk gevuld worden in 13 minuten, de grote deelkolk in 12 minuten en de kleine deelkolk in 8 minuten. Gedurende het vullen en het ledigen zijn de troskrachten kleiner dan 0,5% van de waterverplaatsing van het schip. Tijdens en na het openen van de sluisdeuren zullen de troskrachten 0,6 tot 0,8% bedragen van de waterverplaatsing door de invloed van de uitwisseling van zout en zoet water in de kolk.

In het verdrag tussen Nederland en België werd overeengekomen dat er minimum  $100 \text{ m}^3/\text{s}$  gemiddeld per getijde moet afgevoerd worden via de spuirool van de Westsluis. De schuiven zijn gesloten bij hoog water terwijl er bij laag

water maximum  $170 \text{ m}^3/\text{s}$  kan afgevoerd worden. Bij een gemiddeld springtij wordt ongeveer hetzelfde gemiddelde bekomen. De periode waarin niet kan geloosd worden is langer doch de laagwaterstand is lager zodat het piekdebiet groter wordt. Er dient hierbij opgemerkt te worden dat bij deze hoge debieten de sluis niet meer bruikbaar is voor de scheepvaart. De afvoermogelijkheden kunnen eveneens sterk beperkt worden bij hevige noordwesten- tot westenwind waardoor het waterpeil in de Westerschelde opgestuwd wordt. Vooral de opstuwning bij laag water beperkt de gemiddelde afvoerkapaciteit. Tenslotte vermeldt de overeenkomst tussen België en Nederland dat het kanaalpeil maximum 25 cm boven het normaal peil mag stijgen. Rekening houdend met de totale wateroppervlakte van het kanaal ( $9.080.000 \text{ m}^2$  inclusief de dokken) en bij een kontinu aanvoer van  $100 \text{ m}^3/\text{s}$  en geen afvoer zou de peilstijging van 25 cm bereikt worden na 6h18min.

Op fig. 15 zijn de gemiddelde tijkrommen te Terneuzen opgegeven voor de periode 1961-1970. Het verval tussen het kanaalpeil en dat van de Westerschelde moet minimum 0,82 m zijn om te kunnen spuilen. Bij gemiddeld springtij is het hoog water in T.A.W. peil 5,13. Om het minimum verval te bekomen kan er slechts geloosd worden bij een T.A.W. peil op de Westerschelde van +3,63 m. Dit betekent dat bij gemiddeld springtij 3h30 niet kan geloosd worden. Het toegevoerd debiet mag in deze periode maximum  $180 \text{ m}^3/\text{s}$  zijn om de peilstijging van 25 cm niet te overschrijden.





Daar bij het schutten het binnengekomen zout water niet onmiddellijk kan teruggespuid worden is er - aansluitend op de sluis - aan de kanaalzijde een zoutkom gegraven. Het hierin terechtgekomen zout water kan dan via de spui-riool teruggespuid worden met een gemiddeld debiet. De lengte van de zoutkom is ongeveer 900 m en de diepte is 17 à 18 m nabij de sluis en ongeveer 16 m vanaf 200 m van het binnenhoofd van de sluis. Een dieptemeting van de zoutkom in maart-april 1982 is voorgesteld in fig. 16.

#### 2.1.2. Mechanisme van het binnendringen van zout water aan de Westsluis te Terneuzen

Bij schutsluizen is het minimale water-verlies gelijk aan het volume van de schut-schijf. Bij de zeesluis te Terneuzen is de waterbehoefte groter omdat er bij het schutten zout water binnenkomt. Om dit zout water terug te dringen is er een veelvoud zoet water nodig. In fig. 17 is het terugdringen van de zoutwaterlaag schematisch voorgesteld. Hieruit blijkt dat de spuiopening zo laag mogelijk moet zitten om de zouttong terug te spoelen. Zelfs als de spuiopening helemaal onderaan ligt is het nog moeilijk om de zouttong volledig terug te dringen omdat de stroomsnelheid van de onderste laag kleiner is door de wrijving van het water met de bodem. Er is voldoende steil verhang , nodig om deze onderste laag sneller te laten afstromen.

De verzilting van het kanaalwater gebeurt zowel bij eb als bij vloed door de uitwisselingsstromen en alleen bij vloed door de schuttschijf (fig. 18). Bij het openen van de deuren en bij

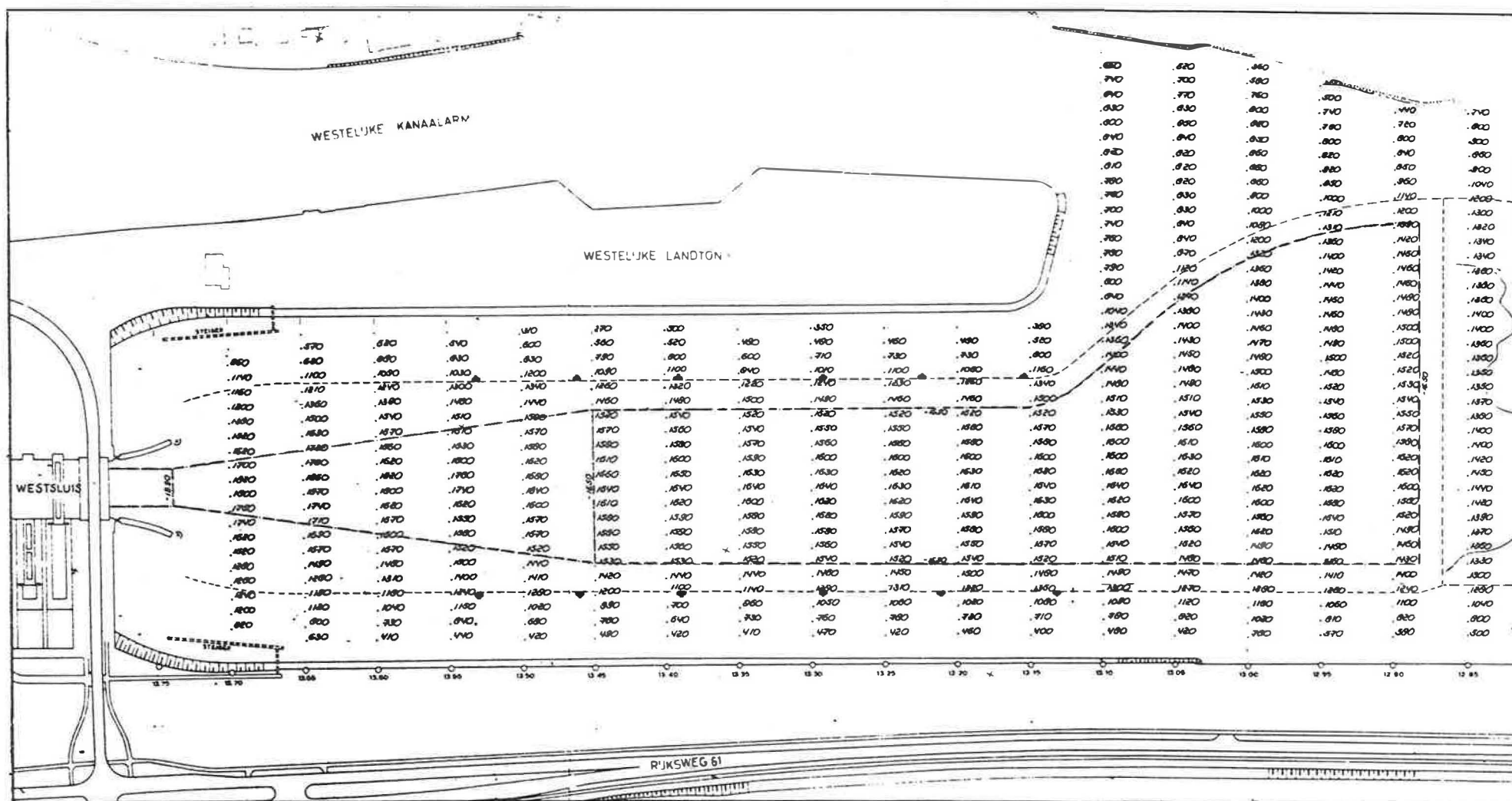


Fig. 16 : Dieptemetingen van de zoutkom te Terneuzen in maart-april 1982.

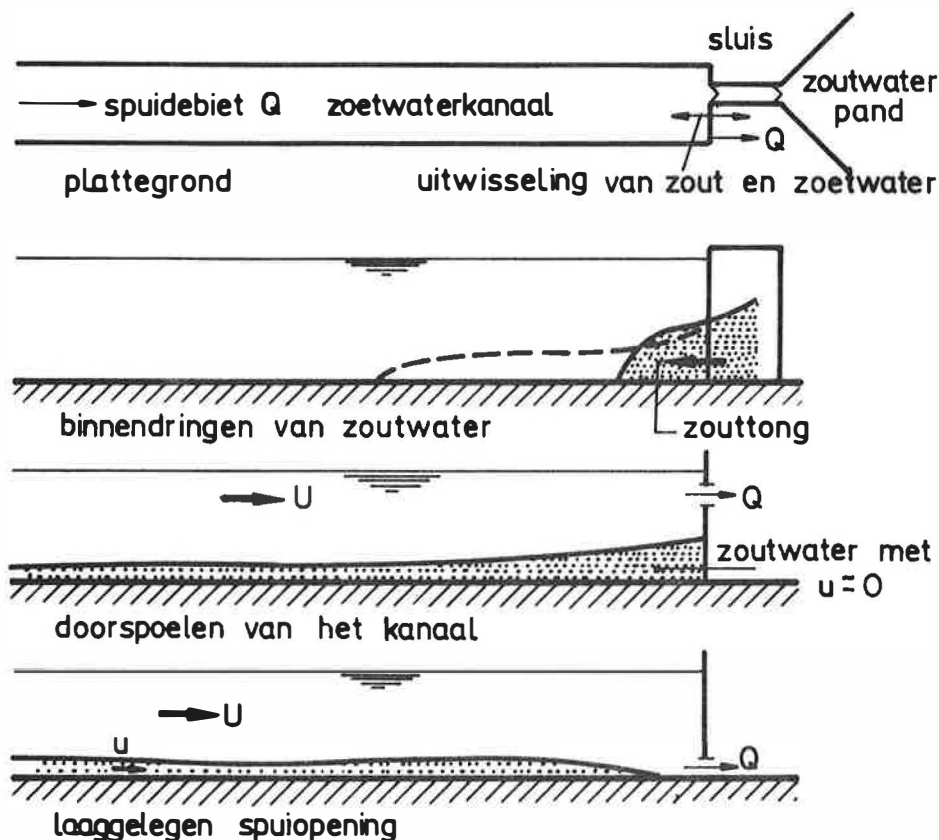


Fig. 17 : Indringen van het zout water aan de sluizen en het spuien ervan (\*).



Fig. 18 : Factoren bepalend voor de zoutbelasting.

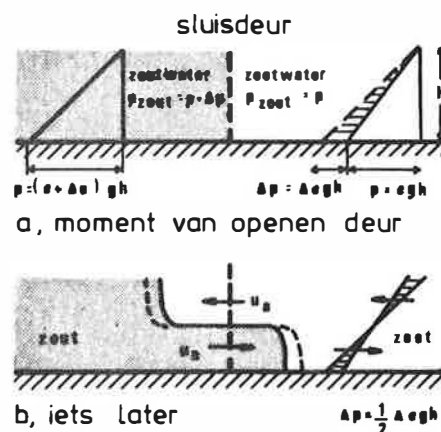


Fig. 19 : Zout-zoet wateruitwisseling kort na het openen van de sluisdeuren.

(\*) De gegevens over de zoutindringing werden bekomen uit het artikel "Zout-zoet wateruitwisseling bij schutsluizen" van Dr. ir. P.A. Kolkman, PT Civiele Techniek 37 (1982), nr. 2, 31-34.

gelijke waterstand is de drukgradiënt met toenemende diepte bij het zout water groter dan bij het zoet water (fig. 19). Het drukverschil op de bodem is  $\Delta p = \Delta e gh$  ( $\Delta e$  = dichtheidsverschil zout ten opzichte van zoet water). Bij het openen van de deur aan de kanaalzijde zakt het zoute kolkwater door het drukverschil met een snelheid  $u_a$  onder het zoet water. Het zoet water komt met eenzelfde snelheid  $u_a$  de kolk binnen. Hoe groter de waterdiepte hoe groter de uitwisselingssnelheid  $u_a$  is ( $u_a = 0,5 \sqrt{\Delta gh}$ ). In de praktijk stelt er zich een symmetrische toestand in met zowel aan de bodem als aan het oppervlak een drukverschil van  $1/2 \Delta e gh$ . Na een bepaalde tijd is het gehele kolkvolume " $V_k$ " verminderd met het volume van het schip " $V_s$ " uitgewisseld.

De maximale zoutbelasting =  $V_k + S - V_s$   
( $S$  = schuttschijf).

De tijd van uitwisselen " $T_a$ " =  $\frac{2L}{u_a}$  ( $L$  = kolk-lengte).

$T_a$  is afhankelijk van de situatie maar kan gelijkgesteld worden aan 15' bij een niet te extreem geval.

Uit het voorgaande kan besloten worden dat de zoutbelasting kan beperkt worden door :

- het spuien of terugpompen van de schuttschijf;
- het zo kort mogelijk openlaten van de deuren of het verminderen van de uitwisselingssnelheid.

#### Verminderen van de uitwisselingssnelheid door luchtbellenschermen

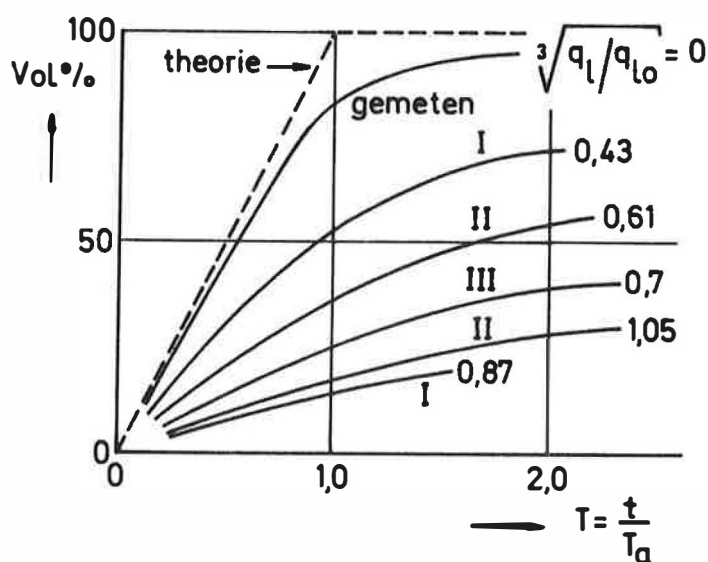
Door de tijd nodig voor het in- en uitvaren van de schepen is het onmogelijk de uitwisselingstijd te verkorten door het vroeger

sluiten van de deuren. Het uitwisselingsproces kan echter vertraagd worden door toepassing van het luchtbellenscherm. Wordt er aan het scheidingsvlak tussen zout en zoet water lucht geblazen in het zout water zodat de dichtheid van het lucht-watermengsel gelijk is aan de dichtheid van het zoet water dan is er geen uitwisseling meer tussen beide. Er is echter wel een dichtheidsverschil en bijgevolg een uitwisseling door het zout water en het lucht-watermengsel. Praktijkproeven (fig. 20) hebben uitgewezen dat luchtbellenschermen een positieve invloed hebben op de vertraging van de uitwisselingssnelheden. Hierdoor kunnen de sluisdeuren nu wel vóór de volledige uitwisseling gesloten worden.

In de figuur zijn de luchthoeveelheden uitgedrukt in de watersnelheden die door het bellenscherm worden opgewekt. Deze watersnelheden zijn dan gerelateerd aan de watersnelheden die zouden moeten opgewekt worden om het zout tegen te houden. Dit geeft het getal  $\sqrt[3]{q_1/q_{10}}$ . Bij grotere waarden dan 0,8 neemt het rendement van het luchtbellenscherm praktisch niet meer toe omdat het luchtbellenscherm zoveel menging veroorzaakt dat dit een nieuwe bron van zoutbezwaar vormt.

Enkele nadelen van luchtbellenschermen zijn :

- groot energieverbruik;
- versterkte korrosie door de combinatie van zout water met lucht;
- turbulentieproblemen voor kleine schepen (de troskrachten worden er echter door verminderd);
- lucht in koelsystemen van de scheepsmotoren.



sluis I sluis IJmuiden  $h = 10\text{ m}$

II Zuidersluis IJmuiden  $h = 7,5\text{ m}$

III sluis Kornwederzand  $h = 5\text{ m}$

Fig. 20 : Vertraging van de zout-zoet wateruitwisseling door het gebruik van luchtbellenschermen.

#### Afzuigen van de zouttong

Het binnengekomen zout water kan aan de zeesluis teruggespoeld worden. Bij direkt terugspuien is  $Q_{\text{spui}} 1,25 - 1,5 Q_a$ , doch door het effect van de schepen moet het nodige spuidebiet " $Q_{\text{spui}}$ " gerekend worden op  $1,5 - 1,8 Q_a$  ( $Q_a$  = uitwisselingsdebiet tussen zout en zoet water bij het openstaan van de deuren). Het spuidebiet moet de ganse uitwisselingscyclus aangehouden worden. Uit het voorbeeld in fig. 21 blijkt dat er een hoog uitwisselingsdebiet is waardoor het spuidebiet tijdens de uitwisselingsperiode zeer groot moet zijn om de zoutwaterlaag terug te spoelen. Deze grote debieten zouden te hinderlijk zijn voor de scheepvaart en daarbij zou de zoutconcentratie van het spuiwater kleiner zijn waardoor er een

nog groter voedingsdebiet zou nodig zijn. Door de zoutkom aan de zeesluis te Terneuzen kan er gespuid worden over een volledige schutcyclus. Het zoute kolkwater en dit van de schutschijf kan hier immers periodisch opgeslagen worden en dan met een gemiddeld debiet gespuid worden.

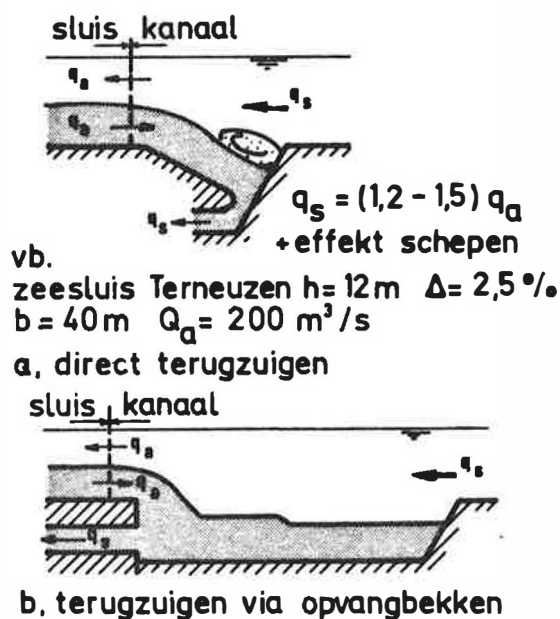


Fig. 21 : Spuien van het zout water met en zonder zoutkom.

## 2.2. Middensluis (fig. 22)

De Middensluis is in heropbouw en zal dienst doen voor het schutten van zeeschepen, binnenvaartschepen en voor het spuien. Het spuien zal via omloopriolen en via een spuideur aan het buitenhoofd vanaf midden 1984 mogelijk zijn. In 1987 zal ze door de scheepvaart in gebruik kunnen genomen worden. Aan het buitenhoofd zijn er 2 roldeuren en aan het binnenhoofd 2 x 2 puntdeuren voorzien. De totale lengte van de sluis met inbegrip van de deuren is 259 m en de kolk lengte is 140 m. De invaarbreedte is 18 m en de kolk breedte 24,5 m. Er is geen gedeelde kolk voorzien. Er zal eveneens een luchtbellenscherm toegepast worden.

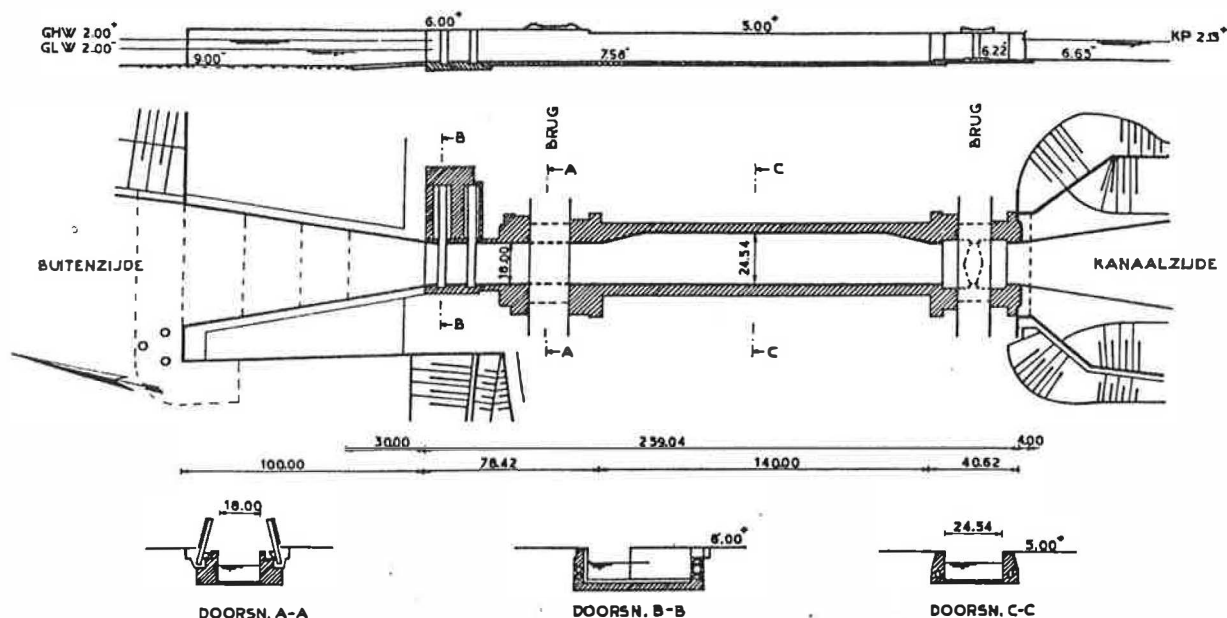
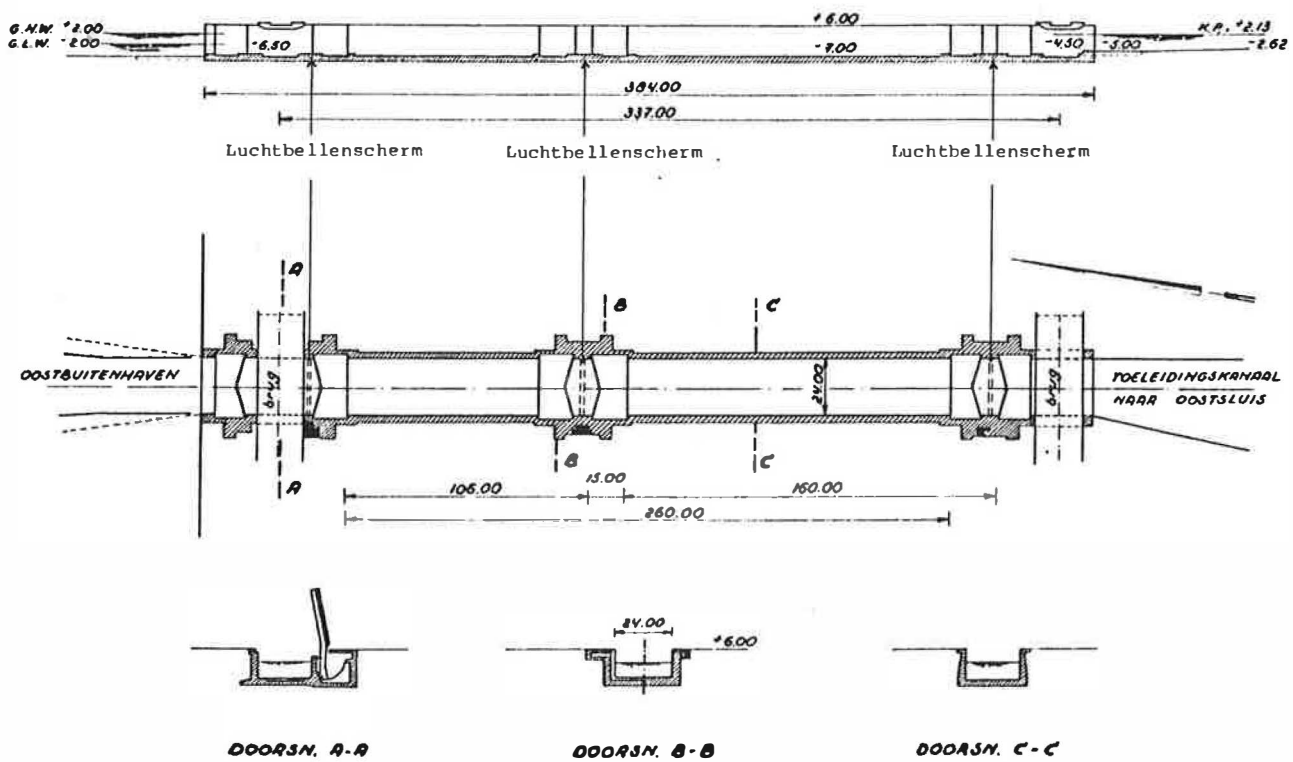


Fig. 22 : Plan van Middensluis te Terneuzen.

### 2.3. Oostsluis (fig. 23)

Deze binnenvaartsluis heeft een kolk met een lengte van 260 m en een breedte van 24 m. Er is eveneens een middenhoofd waardoor er twee deelkolken kunnen gevormd worden, nl. één van 160 m en één van 106 m. Het buiten-, midden- en binnenhoofd zijn uitgerust met telkens 2 stellen puntdeuren. Er kan gespuid worden via schuiven in de deuren, doch dit gebeurt enkel in geval van grote debieten. Aan de deuren van het buiten-, tussen- en binnenhoofd is er telkens een luchtbellenscherm aangebracht. Oorspronkelijk was er op de vloer een schot aangebracht om de zoutindringing te beperken doch dit werd verwijderd wegens aanvaringen.





SCHAKEL 1 2000

Fig. 23 : Plan van de Oostsluis te Terneuzen.

## HOOFDSTUK V

GEBRUIK VAN HET KANAALWATER DOOR DE INDUSTRIE

Het kanaal Gent-Terneuzen is de levensader voor de industrie in de Gentse kanaalzone. Het is noodzakelijk voor de aanvoer van grondstoffen en de afvoer van afgewerkte produkten, als koelwater, proceswater, transportwater en afvoerkanaal van al of niet gezuiverd afvalwater.

Het is van uiterst belang dat de kwaliteit van het kanaalwater voldoet aan de eisen gesteld door de industrie. Om hieromtrent een beter inzicht te verkrijgen werden de belangrijkste bedrijven bezocht die door hun activiteiten een invloed uitoefenen op de waterkwaliteit en -kwantiteit door wateropname of -lozing. Er werden 55 bedrijven verzocht om gegevens (tabel 4). Met 31 bedrijven werden er ter plaatse besprekingen gevoerd. Bij de overige bestonden er geen gegevens of werd er geen gevolg gegeven aan de aanvraag. Op 23 april 1982 werd de vergadering van de Industriële Werkgroep van het Gentse voor Milieuhygiëne bijgewoond. Hierbij werd het doel van de studies uiteengezet en werd er beroep gedaan op de industrie om zoveel mogelijk gegevens te verzamelen.

Uit de kontakten met de bedrijven is gebleken dat er zeer grote hoeveelheden kanaalwater gebruikt worden en dat veel bedrijven moeilijkheden ondervinden of ondervonden bij het gebruik ervan. De grootste volumes worden gebruikt als koelwater. De totale oppomping kan het debiet van het kanaal overtreffen. Verder wordt het kanaalwater nog gebruikt in gaswassers, als proceswater en als transportwater voor het opspuiten van afvalstoffen, voor het uitvoeren van baggerwerken en het kalibreren van het Zeekanaal en het aanleggen van nieuwe dokken. Bij opspuitingen infiltreert het zout water in de bodem waardoor men in de onmiddellijke omgeving van de storten een belangrijke verzilting van het grondwater vaststelt. De voornaamste problemen voor de industrie zijn

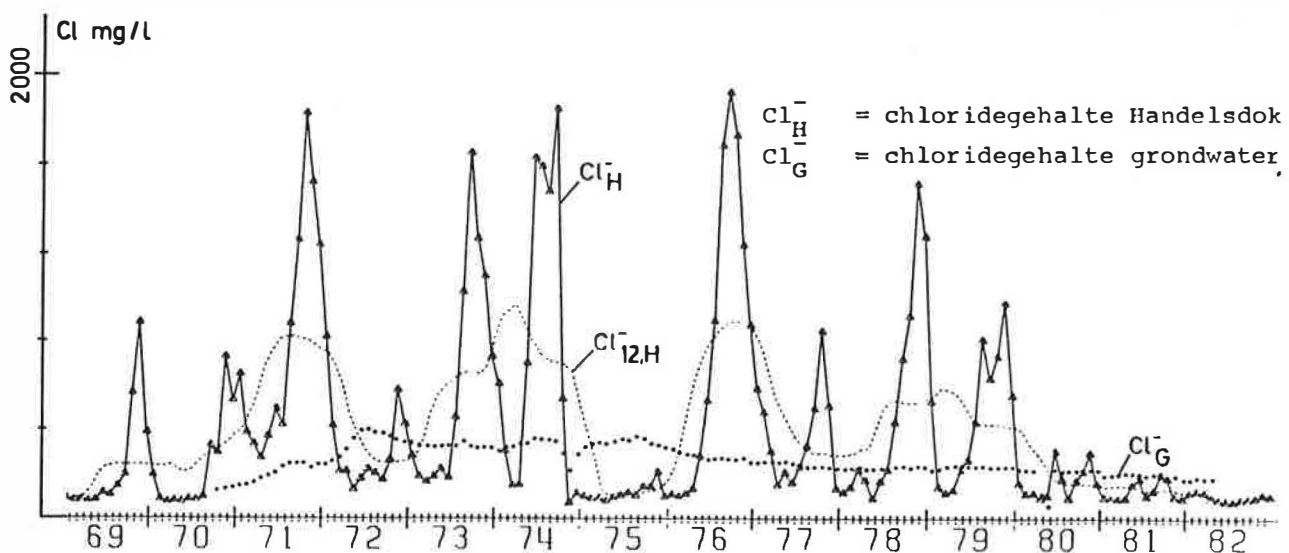
Bedrijf	Antwoord	Beschikbare gegevens			Bezocht
	S=Schr. T=Telef.	Grondwater	Oppervlaktew.	Litologie	
1. ACEC - Afd. Gent	S	-	-	-	-
2. Air Products	S	x	x	x	02.03.82
3. Belgian Shell Co.	S	x	x	x	16.03.82
4. Bell Telephone Co.	S	-	x	-	20.10.82
5. Bowater Philips	-	-	-	-	-
6. Carnoy	S	x	-	-	-
7. Cementbedr. CBR	S/T	x	x	x	-
8. Dicalite	S	-	x	-	-
9a. EBES (Langerbrugge)	S	x	x	-	20.04.82
9b. EBES (Rodenhuize)	S	-	x	-	29.09.82
10. EGW - Gent	S	x	x	-	20.04.82
11. N.V. Euro-Silo	S	-	-	x	26.04.82
12. Fil. Lys-Lieve	S	x	x	-	18.10.82
13. Floridienne	-	-	-	-	-
14. Ghent Grain Terminal	S	-	-	x	-
15. Ghent Tanking Cy	S	-	-	-	-
16. Gist- en Spiritus- fabr. Bruggeman	S	x	x	x	26.03.82
17. Great Lakes Carbon Ghent	S	x	-	-	02.03.82
18. Impriver	-	-	-	-	-
19. Inter Beton	-	-	-	-	-
20. Johns Manville	-	x	-	-	18.10.82
21. Kesteleyn	-	-	-	-	-
22. NL Chemicals	S	x	x	x	20.04.82
23. Lummerzheim	S	x	x	-	01.03.82
24. Moreelsguano	S	x	x	-	18.10.82
25. Nobels-Peelman	S	-	-	-	26.03.82
26. Nieuwe Molens Gent-Brugge	S	x	-	-	16.03.82
27. Oleofina	S	x	x	x	16.03.82
28. Oude Firma Ed. De Clercq	S	x	-	-	-
29. l'Oxhydrique Internationale	S	vestiging wordt gesloten			-
30. Papierfabrieken van België	S/T	-	x	x	06.04.82
31. Permalite Europe	-	x	-	-	19.10.82
32. Rousselot Benelux	S	x	x	-	24.05.82
33. Sadacem	S	x	x	-	22.02.82
34. Scheepswerven Langerbrugge	S	-	-	x	-
35. Sep	S	x	x	x	26.04.82
36. Sidmar	S	x	x	x	22.02.82
37. S.M.E.G.	-	-	-	-	-
38. Stelcon	-	-	-	-	-
39. Texaco Belgium	T	x	x	x	18.01.82
40. TMT	S	x	-	x	26.04.82
41. UCB	S	x	x	x	08.03.82
42. UCO-Braun	S	x	-	-	-
43. UCO-FNO	S	x	-	-	-
44. UCO-Galveston	S	x	-	-	12.06.82
45. UCO-Texas	S	x	-	-	-
46. PCUK Belgium	S	x	x	x	25.02.82
47. Usines P. Madou	-	stopzetting			-
48. Vamo-Mills	T	-	-	-	-
49. Van de Calseyde	-	-	-	-	-
50. Van Heygen	S	-	-	-	-
51. Vermeersch	S	-	-	-	-
52. Volvo	S	-	x	x	08.04.82
53. Vynckier Gebr.	S	x	x	x	01.03.82
54. Sopar	S	x	x	x	20.04.82
55. Fina	T	-	x	-	-

Tabel 4 : Lijst van de gekontakteerde bedrijven  
in de Gentse kanaalzone.

de onbruikbaarheid als proceswater, de korrosie door de sterke verzilting, verontreinigingen en slibafzettingen waardoor leidingen en sproeiers van koelinstallaties en gaswasinstallaties verstoppem.

In bepaalde gevallen zou men bij een lager chloridegehalte de koelinstallaties in een gesloten omloop kunnen laten werken en zou er aldus ook een betere bactericide werking kunnen toegepast worden. Een groot aantal bedrijven installeerden reeds aangepaste leidingen en materiaal voor het gebruik van kanaalwater. Alhoewel de verwachtingen groot zijn is de levensduur van deze materialen niet altijd gekend.

Voor bepaalde doeleinden moest men overschakelen op grond- of leidingwater. Door de hoge kostprijs van leidingwater wordt er zoveel mogelijk putwater gewonnen. Volgens de hydrogeologische studie van de R.U.G. (Prof. Dr. W. De Breuck) werd er in 1982 ongeveer 5.000.000 m<sup>3</sup> grondwater gewonnen door de industrie. Bij verschillende grondwaterwinningen zijn er reeds duidelijke tekens van toenemende verzilting of verontreiniging. Ter illustratie hiervan wordt in de volgende afbeelding het verloop van het chloridegehalte in de tijd van het oppervlaktewater in het Handelsdok en het chloridegehalte van het grondwater uitgezet. De grondwaterwinning gebeurt hier op 40 m van het Handelsdok en op 40 m diepte.



Uit het onderzoek bleek duidelijk dat de bedrijven gróte bedragen moesten investeren om de nadelige gevolgen van de verzilting of andere verontreinigingen zoveel mogelijk te beperken. De toekomstige investeringen zullen ook duurder zijn omdat er speciale materialen zullen moeten gebruikt worden. Het is echter zeer moeilijk om een nauwkeurige raming te maken van de totale supplementaire kosten, maar ter inlichting werd door een van de grootste bedrijven een raming gemaakt van de gedane en te verwachten meerkosten ten gevolge van de verzilting van het kanaalwater. Dit bedrag is hoger dan 1 miljard frank.

Ook de sierplantenteelt in het Gentse bekleedt een belangrijke plaats in onze economie. Deze sektor maakt praktisch uitsluitend gebruik van freatisch water. Er dient dus voorkomen te worden dat het kanaalwater een nadelige invloed heeft op het grondwater. Voor het gebied te Evergem, Gent en Lochristi is het jaarlijks verbruik 4 à 6 miljoen m<sup>3</sup> (hydrogeologische studie R.U.G.). De kwaliteit van het water is van groot belang en er worden in bepaalde gevallen en voor bepaalde parameters strengere eisen gesteld dan aan het drinkwater. Om geen oogstreduktie te bekomen moet het natrium- en chloridegehalte in ieder geval laag zijn. Om het voortbestaan van de tuinbouwbedrijven te verzekeren dienen er zo nodig maatregelen genomen te worden ter bescherming van het grondwater.

Het was eveneens de bedoeling de vervuillingslast die de bedrijven lozen te globaliseren en dit aan de hand van de lozingsvergunningen. Bij het einde van deze studie werden deze ons echter nog niet ter beschikking gesteld door de overheid.

Uit een onderzoek van de N.M.D.W. bleek dat de industrie belangstelling heeft voor industrieel leidingwater. Dat water zou merkkelijk goedkoper zijn dan drinkwater en zou toch vol-

doende kwaliteitsgaranties kunnen bieden. Het verbruik van de 8 belangrijkste bedrijven zou ongeveer 20.000 m<sup>3</sup> per dag bedragen. Momenteel gebruiken deze bedrijven 13.870 m<sup>3</sup> leidingwater per dag waarvan het grootste deel zou kunnen vervangen worden door industrieel water. Het water van Kluizen I, bestemd voor de produktie van drinkwater, is afkomstig van de Burggravenstroom, de Kale en de Meirebeek. Voor de realisatie van het projekt industriewater kan het water van het stroomgebied van de Poekebeek opgeslagen worden in Kluizen II. Door sanering van de Poekebeek en na een eenvoudige voorbehandeling zou het industriewater in de leidingen kunnen gepompt worden.

#### Besluit

De toenemende verzilting en verontreiniging van het kanaalwater heeft de industrie genoodzaakt dure investeringen te maken en/of over te schakelen op leidingwater of grondwater. De verzilting heeft korrosie tot gevolg terwijl slibafzettingen verstoppingen veroorzaken. Door het overschakelen op grond- of leidingwater vermindert de concurrentiekracht van de bedrijven. Ook zullen nieuwe waterbehoevende bedrijven zich minder aangetrokken voelen om zich te vestigen in de kanaalzone. Bij een verbetering van de waterkwaliteit zou het mogelijk zijn opnieuw meer water te gebruiken van het kanaal. Er dient er in ieder geval naar gestreefd te worden dat het kanaalwater een aanvaardbare kwaliteit heeft voor de industrie.

## HOOFDSTUK VI

SLIBKWALITEIT IN HET KANAAL GENT-TERNEUZEN1. Samenstelling van het kanaalslib

Het kanaal Gent-Terneuzen wordt regelmatig uitgebaggerd om voldoende diepgang te behouden. Na de laatste verbredingswerken die beëindigd werden in 1968 werd het kanaal reeds driemaal uitgebaggerd. De eerste maal (1970-1971) werd er ca. 640.000 m<sup>3</sup> slib uitgebaggerd en in 1975-1976 werd er 2.195.000 m<sup>3</sup> slib verwijderd. Dit slib werd gestort op de Lange Akkers. De derde baggerwerken werden uitgevoerd in de periode 1980-1982 maar hoofdzakelijk in 1981. Er werd 1.000.000 m<sup>3</sup> slib gebaggerd en gestort in Callemansputte. Daar de baggerspecie sterk verontreinigd is is het noodzakelijk een onderzoek uit te voeren omtrent de samenstelling en de elueerbaarheid ervan.

Naast de te verzamelen gegevens van de slibkwaliteit werd in deze studie een bijkomend onderzoek voorzien van vijf slibstalen. Om meer representatieve gegevens te bekomen werden er evenwel tweemaal 6 slibstalen bemonsterd. Cd werd kolorimetrisch bepaald en Pb werd polarografisch bepaald na ontsluiting met HNO<sub>3</sub>. Cu en Zn werden bepaald door atomaire absorptie na ontsluiting met een mengsel van HNO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> en HClO<sub>4</sub>.

De resultaten van de 2 prospekties en de gemiddelden ervan zijn opgegeven in tabel 5. Uit de resultaten blijkt, dat het gehalte aan zware metalen sterk verschilt per monster. De grootste concentraties zware metalen komen voor tussen de Tolhuisstuw en de Ringvaart.

In tabel 6 zijn de analyseresultaten opgegeven van de slibstalen die bemonsterd werden tussen de Belgisch-Nederlandse grens en Terneuzen. De stalen werden bemonsterd

tussen september 1979 en februari 1980. De analyses werden uitgevoerd door de Rijkswaterstaat (Nederland). Uit deze tabel kunnen we afleiden dat er stroomafwaarts een tendens is voor afnemende concentraties zware metalen.

Prospektie van 04.08.81							
		2	4	6	8	10	12
Cd	mg/kg D.S.	29,4	6,2	1,0	1,9	1,7	3,3
Cu	mg/kg D.S.	640	140	34	26	16	32
Zn	mg/kg D.S.	2654	830	262	304	210	334
Pb	mg/kg D.S.	344	55	42	63	-	-
Prospektie van 21.06.82							
		2	4	6	8	10	12
% droge stof		28,34	16,85	37,28	61,07	36,74	36,04
% vocht		71,66	83,15	62,72	38,93	63,26	63,96
NH <sub>3</sub> -N	mg/kg D.S.	109	182	40,6	9,6	30	59
Cd	mg/kg D.S.	23,8	15,5	13,3	2,7	5,6	11,1
Cu	mg/kg D.S.	358	304	150	32	56	94
Zn	mg/kg D.S.	2980	2700	1520	586	1160	1600
Pb	mg/kg D.S.	750	321	253	143	208	348
Gemiddelde van de prospekties van 04.08.81 en 21.06.82							
		2	4	6	8	10	12
Cd	mg/kg D.S.	26,6	10,9	7,2	2,3	3,7	7,2
Cu	mg/kg D.S.	499	222	92	29	36	63
Zn	mg/kg D.S.	2817	1765	891	445	685	967
Pb	mg/kg D.S.	547	188	148	103	208	348

Tabel 5 : Kwaliteit van het slib bemonsterd tussen de Tolhuisstuw en de Belgisch-Nederlandse grens. Onderzoek uitgevoerd door BECEWA.

Naast de voormelde onderzoeken werden er in het Nederlands kanaalgedeelte eveneens slibstalen bemonsterd op 1 m diepte in de bodem. De concentraties zware metalen bedroegen slechts 30 tot 40% van deze aan de oppervlakte. In het oppervlakeslib van de Zuiderhaven, de Massagoedhaven en de Zevenaarshaven te Terneuzen waren de concentraties zware metalen lager dan in het kanaal terwijl de olieconcentraties hoger waren.



Plaats km	Chroom	Koper	Lood	Nikkel	Zink	Cadmium	Kwik	Olie
0 (grens)	279	114	326	41,9	140	18,3	-	-
0,5	155	77	204	24	862	11	-	5230
0,8	362	265	676	53,8	292	30,6	-	-
1,5	180	115	222	40	1200	15	-	-
1,6	366	180	432	59,6	197	26,5	-	-
3,0	139	50	72	43,3	221	3,7	-	-
3,0	74	65	125	35	600	7	-	-
4,0	359	147	509	55,4	2260	25,9	-	-
5,0	340	139	431	54,5	1702	19,1	-	-
5,0	39	43	94	35	754	3	-	-
6,0	172	40	168	36,6	247	3,2	-	-
7,0	58	20	44	10,1	182	1,4	-	-
7,6	49	10	12	5,6	40	<0,1	-	-
7,8	188	176	445	32	1850	18	-	-
7,8	64	67	-	15	625	5	1,2	1740
8,0	141	105	236	33,4	544	4,6	-	-
8,6	258	167	323	37,7	1606	13,7	-	-
9,0	174	130	251	33	1200	12	-	2710
9,0	64	65	-	-	625	5	1,0	1760
9,2	224	118	210	35,4	1081	10,6	-	-
9,8	54	29	27	5,4	131	0,2	-	-
10,0	86	75	180	19	699	7	-	-
10,4	114	67	129	21,2	480	5,3	-	-
11,0	129	79	183	23,0	513	6,2	-	-
11,3	51	27	48	31	164	1	-	-
11,6	111	55	134	20,3	304	4,7	-	-
11,8	132	115	264	33	943	10	-	-
11,8	124	116	-	32	999	10	1,1	4320
12,0	135	73	130	47	378	5,0	-	-
12,6	132	68	223	28,9	395	5,5	-	-
12,7	118	76	198	26	649	6	-	2620
12,7	61	46	-	18	926	4	1,6	1390

Tabel 6 : Kwaliteit van het slib bemonsterd tussen de Belgisch-Nederlandse grens en Terneuzen (mg/kg D.S.). Onderzoek uitgevoerd door de Rijkswaterstaat (1979-1980).

In opdracht van het Ministerie van Openbare Werken, Dienst van het Stroomgebied der Schelde, werd een grondig onderzoek uitgevoerd over de slibkwaliteit. Het onderzoek werd verricht in het Instituut voor Hygiëne en Epidemiologie, het Instituut voor Scheikundig Onderzoek en het Rijksstation voor Sierplantenteelt. Op 5, 6, 7 en 13 september 1977 werden 29 slibstalen bemonsterd tussen de Tolhuisstuw en de Belgisch-Nederlandse grens. De resultaten van het onderzoek van het Instituut voor Hygiëne en Epidemiologie zijn opgenomen in tabel 7. De staalnameplaatsen zijn vermeld in tabel 12.

Fe, Mn, Cd, Cr, Cu, Pb, Na, Zn, Ca en Ni werden bepaald door atoomabsorptie na aantasting met  $\text{HNO}_3$  5N. Hg werd bepaald na mineralisatie met een  $\text{H}_2\text{SO}_4$ - $\text{HNO}_3$ - $\text{H}_2\text{O}_2$  mengsel. Het gehalte aan anionische detergenten en cyaniden werd bepaald op het filtraat van het met water geëluëerd slib. Het fenolgehalte werd bepaald op het filtraat van het met een fosfaatbuffer (pH 7) geëluëerd slib en het gehalte aan koolwaterstoffen werd bepaald op het filtraat van het met koolstoftetrachloride geëluëerd slib.

Zoals reeds bleek uit het onderzoek van het BECEWA werd hier ook vastgesteld dat de slibkwaliteit sterk verschilt en dat de grootste concentraties zware metalen voorkomen tussen de Tolhuisstuw en de Ringvaart.

De 29 slibstalen werden ook semi-kwantitatief geanalyseerd in het Instituut voor Scheikundig Onderzoek door U.V. emissie spektrografie na ontsluiting met HF en verassing bij 450 °C. Hierdoor konden eventueel onverwachte elementen opgespoord worden. De minimale, maximale en gemiddelde concentraties zijn opgegeven in tabel 8.

Meet- punt	Dicht- heid kg/l	D.S. %	Fe	Mn	Cd	Cr	Cu	Pb	Na	Zn	Ca	Ni	Hg	Fenol	An.Det.	CN	KWS
1	1,16	36,9	72212	634	14,1	1570	880	484	10408	5688	90371	110	3,77	463	12,4	0,332	31,4
2	1,14	40,8	39409	559	11,3	1836	499	830	6316	5356	78088	110	4,15	95	10,8	0,303	28,4
3	1,03	28,0	138522	1253	31,7	2668	1475	808	23110	9365	177872	245	3,77	708	18,0	0,694	36,8
4	1,04	28,8	118837	1196	21,8	4118	1176	898	20938	10918	171509	225	4,65	705	20,0	0,751	24,0
5	1,00	20,4	256417	2303	53,4	3381	2621	1142	86583	16170	307083	402	3,11	3038	24,5	1,347	23,0
6	1,00	23,5	207675	2066	36,6	4707	2151	1491	55806	18531	374880	366	7,68	2939	27,3	1,044	25,1
7	1,00	24,4	222097	2501	36,8	5219	2029	9705	46860	18995	325253	325	45,59	779	27,5	0,988	25,0
8	1,11	33,1	72298	533	10,0	460	1123	3106	7940	5097	54400	91	45,91	783	7,9	0,558	7,3
9	1,25	52,6	12814	149	0,4	15	20	150	5958	316	41344	14	0,85	523	1,5	0,240	21,1
10	1,00	24,2	55755	710	9,9	65	430	710	46091	4378	88382	107	6,10	785	12,4	0,962	28,1
11	1,00	18,5	27429	362	4,0	287	320	1120	123889	1802	77525	63	1,50	1190	10,8	1,304	22,2
12	0,97	12,8	255587	2704	32,4	2624	1127	2520	157514	11286	310408	337	12,74	1570	29,8	2,173	33,8
13	1,39	61,6	10120	167	0,3	16	12	41	2459	151	24745	10	1,16	303	1,4	0,120	9,4
14	1,07	19,7	42518	4697	11,2	450	389	905	85495	2659	99208	82	1,10	1730	16,6	1,512	2,4
15	1,16	35,9	48000	1966	2,0	168	84	166	8731	953	122880	57	3,05	622	5,0	1,325	1,0
16	1,11	36,3	36183	3574	4,9	372	134	-	10500	1654	101878	52	1,78	737	8,2	0,518	22,3
17	1,00	23,8	71526	15049	4,8	231	235	559	9576	13999	420000	202	2,46	1008	10,1	2,743	25,2
18	1,19	42,6	40720	546	3,8	110	142	292	4834	1125	67551	42	4,19	430	4,1	0,229	26,6
19	1,25	42,8	27975	563	1,8	86	49	95	4159	567	64028	39	1,15	464	3,2	0,090	7,7
20	1,35	56,3	22493	438	0,8	74	33	78	1936	391	46147	25	2,94	206	3,7	0,090	20,2
21	1,33	39,0	50064	597	3,3	164	87	-	9577	1168	83888	50	2,45	392	4,8	0,347	17,0
22	1,52	74,1	3116	47	0,0	6	3	8	363	19	9603	14	0,23	205	0,4	0,273	10,1
23	1,11	32,1	174164	3038	6,5	523	166	379	14480	2077	99755	88	4,08	658	13,2	0,725	29,2
24	1,39	63,6	30725	237	0,8	50	15	77	1268	178	18204	16	0,38	227	1,8	0,190	9,6
25	1,11	34,9	23117	2405	10,3	240	103	302	4765	1277	258000	111	0,96	3346	3,9	0,413	15,0
26	1,02	11,5	175633	10876	90,3	2491	529	1612	144144	8641	853000	575	1,23	3429	22,2	3,130	16,2
27	1,25	45,0	39587	375	7,2	174	174	342	6095	1338	77679	44	3,88	441	2,8	0,096	18,9
28	1,25	56,3	10352	532	0,1	10	7	26	2249	40	35579	13	0,26	1443	2,6	0,101	22,2
29	1,56	77,5	2573	441	0,0	3	3	4	437	12	11280	4	0,08	165	0,6	0,170	11,8
gem.	1,16	37,8	78894	2087	14,2	1107	552	1031	31119	4971	154846	132	5,9	1013	10,6	0,785	19,7

Tabel 7 : Kwaliteit van het slib bemonsterd tussen de Tolhuisstuw en de  
Belgisch-Nederlandse grens (mg/kg D.S.). I.H.E.-onderzoek (1977).

		Minimale koncentraties	Maximale koncentraties	Gemiddelde koncentraties
Sb	mg/kg D.S.	<40	130	<40
Ag	mg/kg D.S.	0,2	9	5
Ba	mg/kg D.S.	<20	1960	208
Be	mg/kg D.S.	<10	<10	<10
Bi	mg/kg D.S.	<0,6	45	7
Cd	mg/kg D.S.	<35	<220	<100
Cr	mg/kg D.S.	2	1160	299
Co	mg/kg D.S.	0,2	31	7
Cu	mg/kg D.S.	2	800	160
Sn	mg/kg D.S.	0,4	69	12
Ga	mg/kg D.S.	0,7	10	5
Ge	mg/kg D.S.	<15	<15	<15
In	mg/kg D.S.	<0,6	<6	<3
Mn	mg/kg D.S.	34	20000	1145
Mo	mg/kg D.S.	<0,4	39	3
Ni	mg/kg D.S.	0,3	78	25
Pb	mg/kg D.S.	10	2000	195
Sr	mg/kg D.S.	25	1340	445
Ti	mg/kg D.S.	100	40000	3848
V	mg/kg D.S.	1	140	59
Y	mg/kg D.S.	4	200	44
Zn	mg/kg D.S.	<30	6100	1396
Zr	mg/kg D.S.	27	760	181

Tabel 8 : Semi-kwantitatieve analyses van de kwaliteit van het slib bemonsterd tussen de Tolhuisstuw en de Belgisch-Nederlandse grens.

Onderzoek uitgevoerd door het I.S.O. (1977).

De gemiddelde waarden van verontreinigende elementen over een bepaald kanaalgedeelte werden per onderzoek samengevat in tabel 9. Daarnaast werden ook de gemiddelde concentraties vermeld die voorkomen in slib van waterzuiveringsstations en in landbouwgrond.

	Kanaalslib							Slib van waterzuiverings- stations	Landbouwgrond	
	1	2	3	4			5		1	2
				a	b	c				
Mn		1145	2087				175	750		
Cd	9,6	<100	14	9	4	3	7	27,4	0,1-1	5
Cr		299	1107	154	83	46	285	208	10-50	100
Cu	157	160	552	91	66	35	104	974	5-20	100
Pb	253	195	1031	225	145	73	85	528	0,1-20	100
Zn	1262	1396	4971	713	592	267	1000	1332	10-50	300
Ni		25	132	32	30	14	17	109	10-50	50
Hg			6	1			1,4		0,1-1	5
Fe			78894				8437	35552		
Ca			154846				19553	45964		
Na			31119				501	2742		
Olie				2824	3140	2320				
Mg								3457		
K								4030		
Sn									1-20	50
Co									1-10	50
Mo									1-5	5

Tabel 9 : Samenvatting van de gemiddelde kwaliteit van kanaalslib, slibkwaliteit van waterzuiveringsstations en concentraties in landbouwgrond (mg/kg D.S.).

#### Kanaalslib

- 1 = BECEWA : 2 prospekties van 6 meetpunten regelmatig gespreid tussen de Tolhuisstuw en de Belgisch-Nederlandse grens (1981-1982).
- 2 = I.S.O. : 29 stalen regelmatig gespreid tussen de Belgisch-Nederlandse grens en de Tolhuisstuw. Semi-kwantitatieve analyses na ontsluiting met HF en verassing bij 450 °C (1977).
- 3 = I.H.E. : idem I.S.O. Analyses na aantasting met  $\text{HNO}_3$  5N met uitzondering van Hg dat bepaald werd na mineralisatie met een  $\text{H}_2\text{SO}_4$ - $\text{HNO}_3$ - $\text{H}_2\text{O}_2$  mengsel.
- 4 = Rijkswaterstaat (Nederland) :
  - a. kanaal : slibkwaliteit tussen de Belgisch-Nederlandse grens en Terneuzen (1979-1980);
  - b. havens : 3 stalen bemonsterd in de Zuiderhaven, de Massagoedhaven en de Zevenaarshaven (21.05.79);

c. 1 m diepte : 5 stalen genomen tussen de Belgisch-,  
Nederlandse grens en Terneuzen  
(21.05.79).

5 = Vinçotte : 1 monster kanaalslib. Analyse na digestie  
met  $\text{HNO}_3$  5N. 100 g grond en 500 ml  $\text{HNO}_3$  5N roeren  
gedurende 3 uur, filtreren en ontleden (1979).

#### Slib van waterzuiveringsstations

Gemiddelde samenstelling van het vloeibaar biologisch  
slib van 43 waterzuiveringsstations bepaald door het I.H.E.

#### Landbouwgrond

1 = normaal voorkomende concentraties.

2 = maximaal aanvaardbare concentraties.

De normen voor het gebruik van slib in de landbouw  
zijn weergegeven in tabel 10.

	Europese richtlijn		Nederland	Duitsland	Frankrijk	Denemarken
	Richtwaarde	Absolute maximum concentratie				
Cd mg/kg D.S.	30	40	10	10-30	15	30
Cr mg/kg D.S.	-	-	500	600-1200	200	500
Cu mg/kg D.S.	1000	1500	500	600-1200	1500	700
Ni mg/kg D.S.	300	400	100	-	-	-
Pb mg/kg D.S.	750	1000	500	600-1200	300	1200
Zn mg/kg D.S.	2500	3000	2000	2000-3000	3000	6000
Hg mg/kg D.S.	-	-	10	10-25	8	-

Tabel 10 : Normen voor het gebruik van slib in de landbouw.

Bij de interpretatie van deze normen moet men er  
rekening mee houden dat het slib per ha en per jaar slechts  
in beperkte hoeveelheden mag gebruikt worden. In Nederland  
is de bemesting met slib beperkt tot 2 ton D.S./ha per  
jaar voor bouwland en tot 1 ton D.S./ha per jaar voor gras-  
land. Het slib wordt afgekeurd van zodra er één parameter  
de norm overtreft.

Vergeleken met slib van waterzuiveringsstations (I.H.E. gegevens) bevat het kanaalslib betrekkelijk meer Ca, Na, Mn, Cr, Zn en Fe. Het Cu gehalte is kleiner. In het slib van waterzuiveringsstations vormt Pb en Cd het grootste probleem. 11 van de 43 onderzochte slibsoorten van waterzuiveringsstations voldoen zelfs niet aan de maximale concentraties van de Europese richtlijnen.

De gemiddelde concentraties in het kanaalslib (tabel 9) zijn over het algemeen kleiner dan de minst strenge norm. Als de slibstalen evenwel afzonderlijk vergeleken worden met de normen (tabel 7) dan worden deze dikwijls overschreden en vooral voor Cd, Cr, Cu, Pb, Zn en Hg. Naast de zware metalen worden ook grote concentraties Ca, Mg,  $\text{SO}_4$ , Na,  $\text{Cl}^-$  en F aangetroffen. Daar geen enkele parameter de normen mag overschrijden is het kanaalslib ongeschikt voor gebruik in de landbouw. Bij het storten ervan moeten er dan ook maatregelen genomen worden zodat er geen grondwaterverontreiniging kan voorkomen. De invloed van slibstorten op de grondwaterkwaliteit wordt verder nader toegelicht.

Tenslotte blijkt uit tabel 9 dat het kanaalslib opmerkelijk minder zware metalen bevat op Nederlands grondgebied dan op Belgisch grondgebied.

## 2. Elueerbare elementen in kanaalslib

Het is van belang de vrijstelling van de elementen uit een stortplaats te kennen teneinde de mogelijke invloed ervan op de grondwaterkwaliteit te bepalen. Het onderzoek moet zoveel mogelijk de omstandigheden op het stort nabootsen. Alhoewel er op een slibstort verschillende reakties kunnen optreden die belangrijk zijn voor de vrijstelling van elementen kan een laboratoriumonderzoek toch richtinggevende resultaten opleveren. De snelheid waarmee de vrijgekomen elementen zich in de bodem verplaatsen is eveneens van belang.

Het Rijksstation voor Sierplantenteelt onderzocht de 29 eerder besproken slibstalen op hun elueerbaarheid. De resultaten van de verschillende testen werden opgenomen in tabel 12 en 13. In tabel 11 worden de richtnormen voor irrigatiewater voor land- en tuinbouw opgegeven als ook de gemiddeld voorkomende concentraties in de Oost-vlaamse grondwaters. De gemiddelden werden berekend uit de gegevens van 1148 monsternamen die uitgevoerd werden in de periode 1968-1976. De waarden veranderen weinig in de loop der jaren. De Europese richtlijnen voor drinkwater werden eveneens opgenomen.

## 2.1. Vers kanaalslib

### Bepaling van de elueerbare bestanddelen na 1 uur elueren

Aan 50 ml slib wordt 250 ml gedemineraliseerd water toegevoegd. Na 1 uur schudden bij kamertemperatuur en affiltreren wordt het filtraat geanalyseerd. De resultaten van het onderzoek zijn vermeld in tabel 12.

### Bepaling van de elueerbare bestanddelen na opeenvolgende elueringen

50 ml slib wordt vermengd met 250 ml gedemineraliseerd water. Na 24 uur schudden en affiltreren wordt het filtraat geanalyseerd. Het slib op de filter wordt vervolgens op dezelfde wijze behandeld. Deze bewerking wordt vijfmaal uitgevoerd zodat er 5 verschillende filtraten bekomen worden. De resultaten zijn opgegeven in tabel 13. De staalnameplaatsen zijn dezelfde als deze in tabel 12.

Ter vergelijking werd een monster van een goed bemeste landbouwgrond op dezelfde wijze behandeld. De resultaten van dit onderzoek zijn opgenomen in tabel 14.



Element	Richtnorm voor irrigatiewater		Oostvlaamse grondwaters	EEG richtlijn voor drinkwater	
	Kontinu gebruik	Kortstondig gebruik		Richtwaarde	Maximaal toelaatbaar
pH	6,0-8,3		7	6,5-8	-
Geleidbaarheid $\mu\text{S}/\text{cm}$	850	1500	726	400	-
TH $^{\circ}\text{F}$	35	45	32	-	-
Ca $\text{mg}/\text{l}$	120	180	119	100	-
Mg $\text{mg}/\text{l}$	25	100	10	30	50
Na $\text{mg}/\text{l}$	70	150	32	20	175
Cl $\text{mg}/\text{l}$	70	150	48	25	-
Al $\text{mg}/\text{l}$	1-5	20		0,05	0,2
As $\text{mg}/\text{l}$	0,1-1,0	10		-	0,05
Be $\text{mg}/\text{l}$	0,1-0,5	1		-	-
B $\text{mg}/\text{l}$	0,5-0,75	2		1,0	-
Cd $\text{mg}/\text{l}$	0,005-0,01	0,05		-	0,005
Co $\text{mg}/\text{l}$	0,2	10		-	-
Cr $\text{mg}/\text{l}$	0,1-5	20		-	0,05
Cu $\text{mg}/\text{l}$	0,2	5		0,1	-
F $\text{mg}/\text{l}$	1	5	0,13	-	1,5
Fe $\text{mg}/\text{l}$	2	8	1,6	0,05	0,2
Hg $\text{mg}/\text{l}$	0,001-0,002	-		-	0,001
Li $\text{mg}/\text{l}$	2,5	5		-	-
Mn $\text{mg}/\text{l}$	0,5-2	20	0,4	0,02	0,05
Mo $\text{mg}/\text{l}$	0,005-0,01	0,05			
Ni $\text{mg}/\text{l}$	0,2-0,5	2		-	0,05
Pb $\text{mg}/\text{l}$	0,5-5	20		-	0,05
Se $\text{mg}/\text{l}$	0,02	0,05		-	0,01
V $\text{mg}/\text{l}$	6	10			
Zn $\text{mg}/\text{l}$	1-5	10		0,1	-
K $\text{mg}/\text{l}$			10		
NO <sub>2</sub> $\text{mg}/\text{l}$				-	0,1
NO <sub>3</sub> $\text{mg}/\text{l}$			57	25	50
NH <sub>3</sub> $\text{mg}/\text{l}$				0,05	0,5
SO <sub>4</sub> $\text{mg}/\text{l}$			109	25	250

Tabel 11 : Richtnormen voor de kwaliteit van irrigatie-  
water, gemiddelde Oostvlaamse grondwater-  
kwaliteit en EEG richtlijnen voor de drink-  
waterkwaliteit.

Staal	pH H <sub>2</sub> O bovenstaand water	pH bezinksel (slib)		pH homogeen mengsel bov. vloeist. + slib		Geleidbaarheid 20ml slib/50ml H <sub>2</sub> O d. μS	Totale stikstof na destructie	Vochtgehalte % (gewicht) 105°C	Organische stoffen % (gewicht) door verassen	Organische stoffen op waterige extr. 1:5,mg KMnO <sub>4</sub> /g vers slib homogeen mengsel	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	B	F <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	Ligging
		pH H <sub>2</sub> O 20ml bez./ 50ml H <sub>2</sub> O d	pH KCl 20ml bez./ 50ml HCl 1N	pH H <sub>2</sub> O 20ml slib/ 50ml H <sub>2</sub> O d.	pH KCl 20ml slib/50ml KCl 1N													
1	-	-	-	7,72	7,64	1560	2472	59,25	4,82	1214	260	550	1,85	15,3	870	72	sporen	Handelsdok, rechtover Gentse metaalw. opw. de Muidebrug
2	-	-	-	7,78	7,62	2250	2408	53,23	6,22	1243	171	515	1,60	18,0	890	55	sporen	Tolhuisdok rechtover Aksestraat
3	-	-	-	7,80	7,49	1860	2773	70,21	4,81	1264	195	640	1,90	19,2	1050	70	sporen	Onmiddellijk opwaarts Ringespoorbrug
4	-	-	-	7,71	7,84	1877	2199	69,05	4,54	1148	216	860	1,66	23,0	1350	68	sporen	50m afwaarts Droogdokken
5	-	-	-	7,62	7,84	2700	1645	78,08	4,17	1338	245	1325	1,92	16,5	2379	79	sporen	MLO 14
6	-	-	-	7,91	7,85	2350	2932	73,42	5,56	1323	281	870	1,90	23,3	1725	68	sporen	MLO 5
7	-	-	-	7,84	7,87	2250	2891	71,82	5,66	1316	321	850	1,10	19,0	1920	65	sporen	MLA 13
8	7,85	7,35	7,58	7,95	7,95	2050	1085	63,96	2,63	1235	119	1055	1,56	21,5	1810	64	sporen	132 UCB
9	7,70	7,75	7,85	7,89	7,89	1970	279	37,45	0,90	1251	21	870	0,78	6,7	1545	25	sporen	123 Shell
10	-	-	-	7,44	7,69	2900	914	73,73	5,66	1221	92	1025	1,32	14,3	1915	63	sporen	LLO 15 (2maal) 1 maal bevatte teveel H <sub>2</sub> O. Dicalite Eur. Nord
11	-	-	-	7,20	7,68	2650	336	81,92	5,62	1134	sp.	1340	1,21	13,5	2415	78	sporen	LLO 13 (2maal) 1 maal bevatte teveel H <sub>2</sub> O - Papierfabrieken
12	7,55	7,55	7,76	7,42	7,63	1740	729	84,35	4,06	1141	59	875	0,82	14,8	1690	63	sporen	LLO 3 Papierfabrieken
13	7,53	7,59	7,35	7,49	7,45	1260	553	35,43	1,37	1009	35	555	0,80	13,0	1085	44	sporen	LLA 9 Johns Mauville
14	7,56	7,71	7,78	7,44	7,45	2650	714	72,53	2,54	1294	53	1370	1,90	39,8	2470	79	sporen	LLA 27 Kronos
15	7,92	7,65	7,78	7,78	7,54	1940	361	59,07	2,08	1038	29	610	0,80	19,5	1260	49	sporen	LLA 29 Texaco
16	7,87	7,18	7,69	7,45	7,36	2600	242	51,76	2,42	862	214	570	1,46	33,3	1085	46	sporen	LLA 29 Sadacem
17	9,52	8,53	8,68	9,58	9,69	670	204	79,60	2,72	1219	22	205	1,38	4,3	655	28	sporen	LLA 32 Sadacem
18	7,75	7,57	7,56	7,43	7,07	1395	434	46,38	2,74	1089	187	570	1,34	20,5	1085	54	sporen	TLO 31 Bruggeman - A. N. Pétrolea
19	7,83	7,68	7,78	7,70	7,23	1635	769	50,71	4,28	1258	78	830	1,26	25,8	1600	75	sporen	TLO 31 Ebes
20	-	-	-	7,76	7,47	1560	1211	37,29	5,72	1104	199	640	1,72	25,0	1085	55	sporen	TLO 8 Scheepswerven
21	7,94	7,74	7,75	7,74	7,69	1795	458	43,80	4,34	1126	83	935	1,30	35,0	1725	72	sporen	TLA 6 Sanders Agro
22	7,99	7,77	7,85	7,93	7,82	1250	385	20,49	1,75	995	186	510	1,14	14,8	1050	40	sporen	TLA 21 C. B. R.
23	7,82	7,24	7,38	7,84	7,77	1655	975	77,46	3,62	1126	118	710	1,00	30,5	1655	55	sporen	TLA 51 Sidmar
24	7,77	7,69	7,87	7,86	7,93	1430	343	32,68	3,49	1126	68	560	1,02	62,5	1100	45	sporen	ZLO 38 Sidmar
25	8,86	8,49	8,76	9,05	9,24	1480	609	64,96	12,50	1170	123	370	2,00	25,3	890	73	sporen	Aanduiding C 100 Ugine Kuhlmann
26	8,12	8,58	8,62	8,63	8,64	1827	598	83,30	5,37	1228	112	680	1,40	95	850	50	sporen	ZLO 41 Ugine Kuhlmann
27	7,74	7,84	7,98	7,90	8,00	1875	910	41,20	5,75	1141	452	560	0,50	64,3	940	49	sporen	ZRO 27 Ugine Kuhlmann
28	7,92	7,83	8,03	8,09	8,07	1527	293	22,24	3,42	1177	31	595	1,08	22,8	1300	60	sporen	ZRA 11 Société Chimique de Salzaete
29	8,24	7,99	8,06	8,02	7,99	1575	286	19,81	3,00	1155	13	510	0,80	18,8	1100	50	sporen	Belgisch -Nederlandse grens

Tabel 12 : Bepaling van de elueerbare bestanddelen na 1 uur elueren (mg/l slib).

Onderzoek uitgevoerd door het Rijksstation voor Sierplantenteelt (1977).

Staal	achtereenvolgende extrakties	pH	geleidbaarheid $\mu S$	organische stoffen mg $KMnO_4$ /l vers slib	$NH_4^+$ mg/l vers slib $\Delta = 0,1$	$K^+$ mg/l vers slib $\Delta = 0,03$	$Na^+$ mg/l vers slib $\Delta = 0,08$	$Ca^{2+}$ mg/l vers slib $\Delta = 0,09$	$Mg^{2+}$ mg/l vers slib $\Delta = 0,03$	$Zn^{2+}$ mg/l vers slib $\Delta = 0,03$	$Fe$ $\Delta = 0,01$	$Mn$ $\Delta = 0,08$	$Cu$ $\Delta = 0,07$	$Pb$ $\Delta = 0,11$	$Cd$ $\Delta = 0,05$	$Al$ $\Delta = 0,0005$	$Mo$ $\Delta = 0,003$	$B$ $\Delta = 0,005$	$H_2PO_4^-$ $\Delta = 0,01$	$SO_4^{2-}$	$SiO_3^{2-}$	$NO_3^-$	$NO_2^-$	$F^-$	$Cl^-$
2	1	7,54	850	1449	209	62	490	91	20	0,4	sp.	sp.	sp.	sp.	sp.	sp.	0,20		sp.	455	9,8	70	sp.	20,0	887
	2	6,98	745	1188	151	52	250	780	87	0,5	sp.	0,5	sp.	sp.	sp.	sp.	0,13		sp.	1570	19,0	44	sp.	10,0	266
	3	7,13	915	866	95	40	130	665	62	0,5	sp.	1,0	sp.	sp.	sp.	sp.	0,09		sp.	835	15,2	40	sp.	9,0	57
	4	7,37	630	346	45	25	50	450	38	0,4	0,5	0,5	sp.	sp.	sp.	sp.	0,09		sp.	865	16,7	35	sp.	7,0	sp.
	5	7,23	855	456	26	24	34	720	7	0,2	sp.	1,3	sp.	sp.	sp.	sp.	0,11		sp.	1165	14,2	27	sp.	9,0	sp.
5	1	7,29	1900	1545	313	93	1280	190	67	0,1	sp.	0,5	sp.	sp.	sp.	sp.	0,31		sp.	385	14,2	105	sp.	16,5	2343
	2	6,80	1850	1367	155	72	490	1200	185	sp.	sp.	3,5	sp.	sp.	sp.	sp.	0,43		sp.	2080	16,1	75	sp.	11,5	461
	3	6,90	655	1254	sp.	21	75	495	53	0,5	1,3	1,5	sp.	sp.	sp.	sp.	0,18		sp.	735	15,2	40	sp.	11,5	78
	4	6,82	362	833	sp.	11	18	250	24	0,4	sp.	0,8	sp.	sp.	sp.	sp.	0,13		sp.	835	16,4	25	sp.	11,0	sp.
	5	7,27	295	469	sp.	8	9	210	20	0,9	3,3	1,0	sp.	sp.	sp.	sp.	0,14		sp.	890	17,1	30	sp.	9,5	sp.
8	1	7,44	1555	1449	176	75	1000	180	83	0,1	sp.	sp.	sp.	sp.	sp.	sp.		1,84	sp.	495	7,9	120	sp.	29,0	1988
	2	6,96	1340	1108	52	28	205	1290	61	sp.	sp.	sp.	sp.	sp.	sp.	sp.		3,54	sp.	1640	14,2	70	sp.	14,0	302
	3	6,40	1300	493	sp.	5	41	1720	65	0,4	sp.	3,0	sp.	sp.	sp.	sp.		4,96	sp.	1440	17,7	27	sp.	14,0	28
	4	6,42	490	249	sp.	2	7	500	19	0,1	sp.	1,0	sp.	sp.	sp.	sp.		2,96	sp.	1060	16,1	20	sp.	13,5	14
	5	6,86	300	191	sp.	2	5	285	10	0,5	sp.	sp.	sp.	sp.	sp.	sp.		2,52	sp.	770	14,2	20	sp.	12,5	sp.
13	1	7,01	1135	1116	77	63	605	360	60	0,3	sp.	1,0	sp.	sp.	sp.	sp.	0,10		sp.	580	12,0	65	sp.	13,0	1100
	2	7,43	542	1011	38	44	135	290	43	0,1	6,2	0,8	sp.	sp.	sp.	sp.	0,11		sp.	895	18,4	37	sp.	12,0	124
	3	6,90	200	784	sp.	17	26	130	17	0,1	sp.	0,5	sp.	sp.	sp.	sp.	sp.		sp.	175	14,9	33	sp.	7,0	43
	4	7,03	165	269	sp.	12	10	109	14	sp.	2,2	0,5	sp.	sp.	sp.	sp.	sp.		sp.	355	20,2	25	sp.	4,3	sp.
	5	7,06	165	307	sp.	9	7	95	12	sp.	1,5	0,5	sp.	sp.	sp.	sp.	sp.		sp.	135	27,0	39	sp.	3,5	sp.
16	1	7,42	960	1351	145	65	550	131	61	sp.	sp.	0,3	sp.	sp.	sp.	sp.		1,80	sp.	305	17,1	60	sp.	37,0	1100
	2	7,33	760	882	97	48	180	385	60	sp.	sp.	1,8	sp.	sp.	sp.	sp.		3,88	sp.	1185	22,1	38	sp.	27,5	160
	3	6,70	1275	687	67	29	15	1460	137	sp.	sp.	7,5	sp.	sp.	sp.	sp.		5,60	sp.	1320	27,9	30	sp.	22,5	21
	4	6,84	460	223	20	13	20	385	45	sp.	sp.	2,5	sp.	sp.	sp.	sp.		3,18	sp.	925	28,8	22	sp.	25,0	7
	5	7,35	250	191	sp.	7	10	190	25	sp.	sp.	1,0	sp.	sp.	sp.	sp.		3,06	sp.	515	27,2	20	sp.	25,0	14
23	1	7,01	1310	1384	90	56	730	365	66	sp.	sp.	sp.	sp.	sp.	sp.	sp.		3,32	sp.	890	12,7	90	sp.	27,5	1349
	2	6,88	1315	719	43	32	165	1260	109	sp.	sp.	4,5	sp.	sp.	sp.	sp.		4,20	sp.	1330	19,0	40	sp.	20,0	178
	3	6,32	1435	866	22	15	42	1030	71	sp.	sp.	2,8	sp.	sp.	sp.	sp.		4,80	sp.	1320	19,6	28	sp.	19,5	36
	4	6,45	597	275	sp.	8	8	635	22	sp.	sp.	0,8	sp.	sp.	sp.	sp.		3,48	sp.	1035	19,6	20	sp.	22,0	21
	5	6,48	302	242	sp.	3	4	315	13	0,1	sp.	sp.	sp.	sp.	sp.	sp.		3,40	sp.	565	17,1	18	sp.	22,5	7
26	1	8,28	1420	1367	90	23	655	305	305	sp.	sp.	sp.	sp.	sp.	sp.	sp.		1,90	sp.	980	14,2	65	sp.	90,0	746
	2	7,88	605	882	25	7	160	245	162	sp.	sp.	sp.	sp.	sp.	sp.	sp.		3,32	sp.	630	15,2	31	sp.	90,0	107
	3	7,53	1340	897	20	4	59	1620	257	sp.	sp.	1,3	sp.	sp.	sp.	sp.		4,16	sp.	1480	54,4	30	sp.	55,0	sp.
	4	7,63	760	223	sp.	1	20	740	10	sp.	sp.	0,5	sp.	sp.	sp.	sp.		3,68	33	1040	54,4	25	sp.	55,0	sp.
	5	7,48	352	184	sp.	1	12	315	46	sp.	sp.	sp.	sp.	sp.	sp.	sp.		2,56	31	605	50,0	20	sp.	52,5	sp.
28	1	6,88	1000	1351	31	53	700	215	46	sp.	sp.	0,5	sp.	sp.	sp.	sp.	0,05		sp.	385	9,8	85	sp.	17,5	1243
	2	7,00	355	931	sp.	26	125	185	29	0,1	1,5	sp.	sp.	sp.	sp.	sp.	0,07		sp.	440	18,4	50	sp.	13,0	160
	3	6,90	170	848	sp.	13	25	110	15	0,1	3,8	0,5	sp.	sp.	sp.	sp.	sp.		sp.	230	10,8	32	sp.	7,0	28
	4	7,26	150	243	sp.	9	8	115	12	0,1	6,3	sp.	sp.	sp.	sp.	sp.	sp.		sp.	225	10,1	27	sp.	6,0	sp.
	5	7,12	147	314	sp.	7	5	85	13	sp.	3,8	sp.	sp.	sp.	sp.	sp.	0,61		sp.	125	18,4	28	sp.	3,7	sp.

Tabel 13 : Bepaling van de elueerbare bestanddelen na opeenvolgende elueringen (mg/l slib). Onderzoek uitgevoerd door het Rijksstation voor Sierplantenteelt (1977).

Elueringen	Na	Ca	Mg	F	Cl
1	30	22	6	0,5	36
2	13	16	5	2,5	28
3	7	15	5	2,3	0
4	4	17	4	1,4	0
5	3	17	7	1,2	0

Tabel 14 : Bepaling van elueerbare bestanddelen uit landbouwgrond na opeenvolgende elueringen (mg/l landbouwgrond).

Uit het onderzoek van de elueerbare bestanddelen na 1 uur schudden blijkt duidelijk dat er veel natrium, chloride, fluoride, organische stoffen en ammoniak vrijgesteld worden. De hoogste fluorideconcentraties komen voor vanaf het Petroleumdok terwijl natrium en chloride meer gelijk verspreid zijn tussen de Tolhuisstuw en de Belgisch-Nederlandse grens.

Uit de bepaling van de elueerbare bestanddelen na opeenvolgende elueringen stellen we vast dat er grote concentraties calcium, magnesium, sulfaat, natrium, chloride, fluoride en ammoniak vrijgesteld worden. Vooral calcium, magnesium, sulfaat en fluoride worden in de opeenvolgende elueringen in grote concentraties vrijgesteld. Na,  $\text{Cl}^-$  en  $\text{NH}_3\text{-N}$  wordt vooral vrijgesteld in de eerste elueringen. Vergeleken met de richtnormen, met de gemiddelde Oostvlaamse waterkwaliteit en met de uit landbouwgrond elueerbare bestanddelen blijkt duidelijk dat de vrijgekomen concentraties te groot zijn. Indien deze bestanddelen in het grondwater terechtkomen zal dit ongetwijfeld leiden tot de onbruikbaarheid ervan voor de nu aangewende doeleinden.

Uit tabel 13 kan men afleiden dat er over de 5 elueringen gemiddeld 110 mg fluoride per liter slib wordt vrijgesteld. De Oostvlaamse grondwaters mogen

met maximum 0,87 mg/l aangerijkt worden om de richtnorm niet te overschrijden. Gezien er 110.000 kg fluoride per 1.000.000 m<sup>3</sup> slib kan vrijgesteld worden betekent dit dat er 126 miljoen m<sup>3</sup> grondwater kan verontreinigd worden tot 1 mg F/l. Dezelfde beredenering geeft voor chloriden 60.000 miljoen m<sup>3</sup> water.

## 2.2. Gestort kanaalslib

In opdracht van het Ministerie van Openbare Werken, Dienst van het Stroomgebied der Schelde, onderzocht het BECEWA in 1979 slibmonsters van het kanaal Gent-Terneuzen (Belgisch kanaalgedeelte). De monsternamen werden uitgevoerd in de Lange Akkers waar het slib van de baggerwerken van 1970-1971 en van 1975-1976 gestort werd.

Er werden 2 boringen (B2 en B6) uitgevoerd waarbij het slib op verschillende diepten werd onderzocht. Van 8 andere boringen (B1, B3, B4, B5, B7, B8, B9 en B10) werd er per boring een mengstaal gemaakt van de totale geboorde diepte (fig. 24a).

Het slib werd behandeld volgens de methode "Bestimmung der Eluierbarkeit mit Wasser", Vom Wasser, 43. Band, 1974, 579-584, Voorontwerp voor Duitse norm. Aan 100 g vochtig slib werd 1000 ml gedemineraliseerd water toegevoegd. Het mengsel werd kontinu gemengd gedurende 24 uur. Daarna werd het slib afgescheiden door centrifugatie. De elueerbare concentraties per kg droog slib van de boringen B2 en B6 zijn weergegeven in tabel 15.

Uit deze tabel en uit fig. 24b blijkt dat er geen duidelijk verband bestaat tussen de gevonden concentraties en de diepte van de bemonstering. Bij staal B2 zijn de concentraties Ca, Mg, Cl<sup>-</sup>, Na en geleidbaarheid het grootst tussen 1 en 2 m diepte terwijl

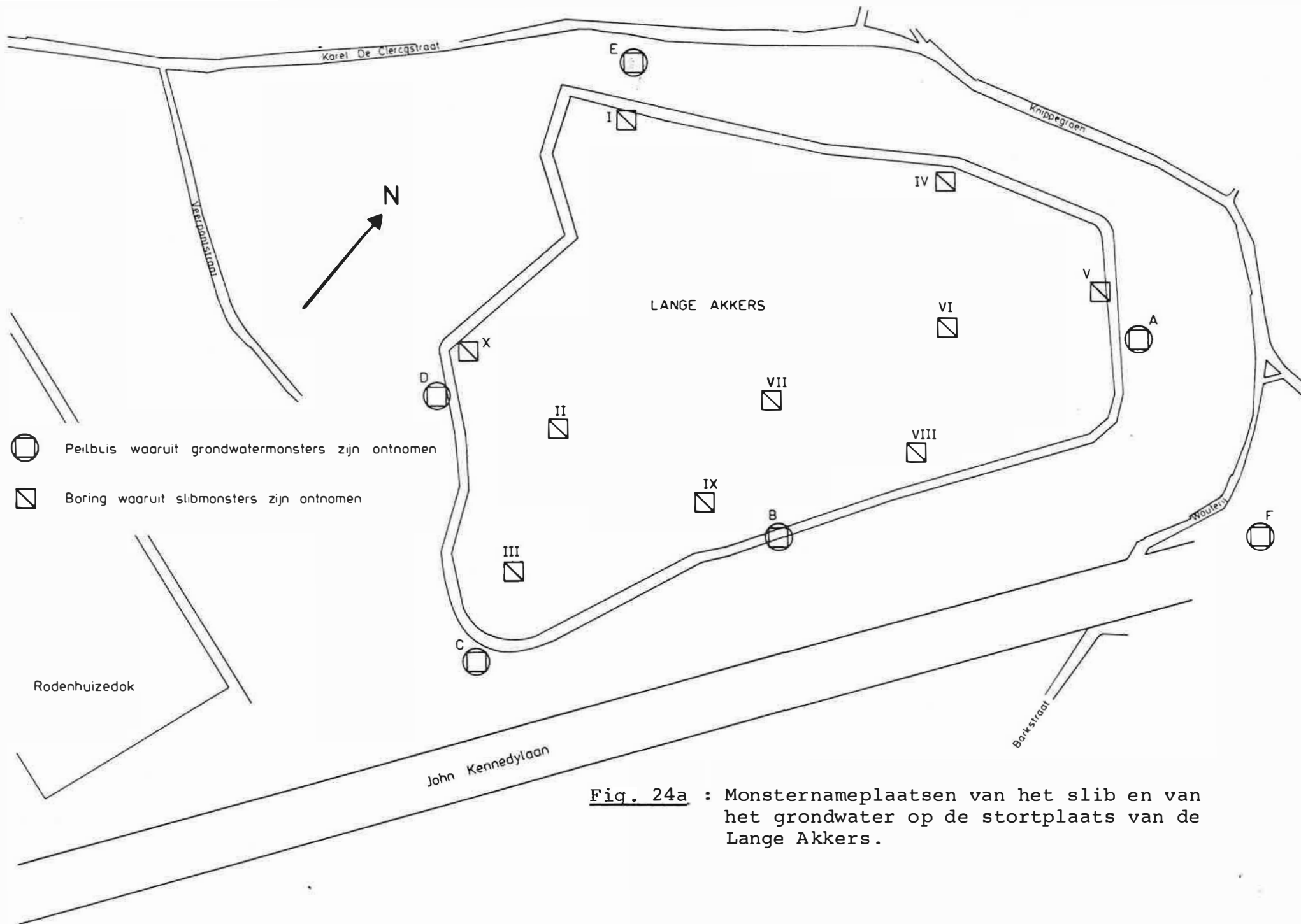


Fig. 24a : Monsternameplaatsen van het slib en van het grondwater op de stortplaats van de Lange Akkers.

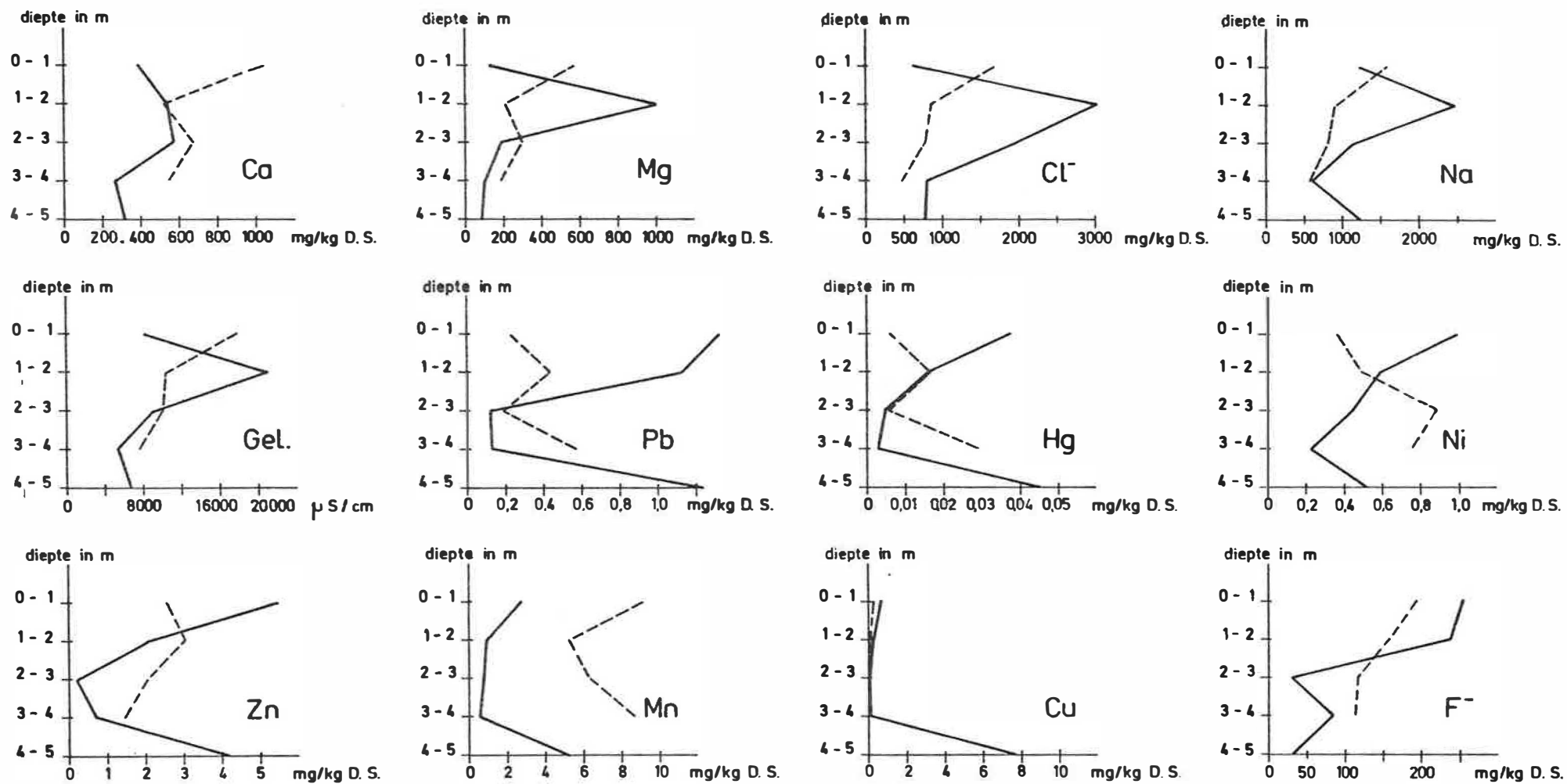


Fig. 24b : Elueerbaarheid van slib op verschillende plaatsen en diepten van een slibstort.

ze bij staal B6 afnemen met de diepte. De laagste concentraties zware metalen van staal B2 worden over het algemeen aangetroffen tussen 2 en 4 m diepte. De concentratieschommelingen zijn waarschijnlijk te wijten aan het opspuiten van verschillende slibsoorten.

		B2					B6			
		0-1m	1-2m	2-3m	3-4m	4-5,1m	0-1m	1-2m	2-3m	3-4m
Anionische detergenten	mg/kg D.S.	2,906	12,35	0,644	3,757	0	39,44	30,69	23,38	21,36
Fenol	mg/kg D.S.	0,334	0,260	0,051	0,065	0,107	0,340	0,350	0,340	0,240
Vrije CN <sup>-</sup>	mg/kg D.S.	0,284	0,108	0,154	0,168	0,214	0,113	0,144	0,170	0,207
Totale CN <sup>-</sup>	mg/kg D.S.	3,092	2,816	0,463	2,436	3,903	0,476	0,474	0,415	0,810
Cl <sup>-</sup>	mg/kg D.S.	612	3013	1969	805	779	1695	886	781	494
F <sup>-</sup>	mg/kg D.S.	256	238	30,9	84,2	31,4	193	157	117	114
As	mg/kg D.S.	1,143	0,815	0,144	0,155	0,418	1,022	1,302	1,337	1,034
Cd	mg/kg D.S.	<0,17	<0,22	<0,13	<0,13	<0,15	<0,23	<0,21	<0,19	<0,17
Ca	mg/kg D.S.	386	542	575	273	321	1043	523	669	550
Cr	mg/kg D.S.	1,621	<0,22	<0,13	<0,13	0,796	<0,23	0,659	<0,19	0,310
Co	mg/kg D.S.	<0,17	<0,22	<0,13	<0,13	<0,15	<0,23	<0,21	<0,19	<0,17
Cu	mg/kg D.S.	0,719	0,282	0,064	0,142	7,668	0,317	0,165	0,132	0,121
Hg	mg/kg D.S.	0,038	0,016	0,005	0,003	0,044	0,006	0,016	0,006	0,029
Pb	mg/kg D.S.	1,337	1,127	<0,13	<0,13	1,240	0,230	0,433	0,190	0,568
Mn	mg/kg D.S.	2,757	0,910	0,824	0,596	5,000	9,044	5,273	6,336	8,699
Mg	mg/kg D.S.	129	1002	186	106	86,3	574	217	301	183
Mo <sup>6+</sup>	mg/kg D.S.	0,50	0,65	0,13	0,26	0,31	0,68	0,82	0,38	0,69
Na	mg/kg D.S.	1230	2492	1174	611	1215	1575	931	824	567
Ni	mg/kg D.S.	1,019	0,585	0,425	0,233	0,505	0,363	0,494	0,886	0,758
Ag	mg/kg D.S.	<0,83	<1,08	<0,64	<0,65	<0,77	<1,13	<1,03	<0,95	<0,86
Zn	mg/kg D.S.	5,481	2,037	0,206	0,738	4,163	2,561	3,048	2,018	1,430

Tabel 15 : Elueerbaarheid op verschillende diepten van gestort kanaalslib (1979).

In tabel 16 zijn de analyseresultaten opgegeven van de 8 gemengde slibstalen, de gemiddelden van de boringen B2 en B6 en het totaal gemiddelde.



	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	Gemid- delde
Anionische detergenten mg/kg D.S.	1,968	5,671	8,431	6,166	9,580	28,07	5,531	10,70	3,336	4,595	8,40
Fenol mg/kg D.S.	0,013	0,153	0,048	0,013	0,071	0,314	0,028	0,146	0	0	0,080
Vrij CN <sup>-</sup> mg/kg D.S.	-	0,184	-	-	-	0,157	-	-	-	-	0,170
Totale CN <sup>-</sup> mg/kg D.S.	3,804	2,437	4,613	21,64	6,005	0,550	10,78	17,51	1,251	0,298	6,890
Cl <sup>-</sup> mg/kg D.S.	577	1349	1575	302	429	923	638	762	1168	609	833
F <sup>-</sup> mg/kg D.S.	44,6	115	164	72,4	71,5	141	90,8	146	104	94,4	104
NH <sub>3</sub> -N mg/kg D.S.	3,542	51,81	12,57	14,85	30,74	222	2,978	19,29	0,834	15,90	37,50
As mg/kg D.S.	-	0,475	-	-	-	1,178	-	-	-	-	0,83
Cd mg/kg D.S.	-	<0,15	-	-	-	<0,196	-	-	-	-	<0,15
Ca mg/kg D.S.	-	414	-	-	-	687	-	-	-	-	550
Cr mg/kg D.S.	0,118	0,628	0,048	0,076	0,372	0,334	0,156	0,113	0,042	0,012	0,190
Co mg/kg D.S.	-	<0,15	-	-	-	<0,196	-	-	-	-	<0,15
Fe mg/kg D.S.	6,953	-	23,07	15,73	14,44	-	4,68	10,37	2,085	1,615	9,87
Cu mg/kg D.S.	-	1,763	-	-	-	0,177	-	-	-	-	0,97
Hg mg/kg D.S.	-	0,020	-	-	-	0,015	-	-	-	-	0,018
Pb mg/kg D.S.	-	0,690	-	-	-	0,314	-	-	-	-	0,50
Mn mg/kg D.S.	1,443	1,977	1,432	5,159	3,432	7,342	8,368	5,025	2,085	0,248	3,650
Mg mg/kg D.S.	-	253	-	-	-	306	-	-	-	-	280
Mo mg/kg D.S.	-	0,307	-	-	-	0,589	-	-	-	-	0,450
Na mg/kg D.S.	-	1242	-	-	-	942	-	-	-	-	1092
Ni mg/kg D.S.	1,076	0,521	0,684	0,252	0,200	0,648	0,156	<0,162	<0,139	<0,124	0,390
Ag mg/kg D.S.	-	<0,77	-	-	-	<0,98	-	-	-	-	<0,80
Zn mg/kg D.S.	-	2,345	-	1,510	-	2,218	-	<1,620	-	1,490	1,840

Tabel 16 : Elueerbaarheid op verschillende plaatsen van gestort kanaalslib (1979).

Alhoewel het slib in tabel 13 niet van dezelfde periode afkomstig is als het slib in tabel 16 vergeleken wij de elueerbaarheid van vers slib met deze van slib dat 3 tot 9 jaar gestort is. De analyse-resultaten in tabel 13 zijn afkomstig van slib dat bemonsterd werd in 1977 en de analyseresultaten in tabel 16 zijn afkomstig van slib dat gestort werd in de periode 1970-1976 en bemonsterd in 1979. Om de vergelijking mogelijk te maken moeten de opgegeven concentraties in tabel 13 2,5 maal vergroot worden omdat ze uitgedrukt werden per liter vochtig slib met een D.S. gehalte van ca. 38%. De eerste en de tweede eluering moeten ook samengevoegd worden omdat de elueringsmethoden van elkaar verschillen (bij vers slib 100 g slib per 500 ml water en bij

gestort slib 100 g slib per 1000 ml water).

Uit de vergelijking blijkt dat er minder Ca, Na,  $\text{Cl}^-$  en  $\text{NH}_3\text{-N}$  (ca. 50%) vrijgesteld wordt uit het gestort slib. Anderzijds komt er meer F, Fe, Cu, Pb, Mn en Zn vrij. Cd, Mg en Mo komen ongeveer in dezelfde concentraties vrij. De vrijstelling van zware metalen is echter steeds kleiner dan 1% van het totaal gehalte. De vrijstelling van Na is ongeveer 5% en van Ca  $\leq 1\%$ . De kleinere uitloging van Ca, Na,  $\text{Cl}^-$  en  $\text{NH}_3\text{-N}$  kan verklaard worden door het feit dat deze elementen reeds gedeeltelijk uitgeloogd werden. De evolutie van de vrijstelling van de elementen aanwezig in gestort slib werd nog onvoldoende bestudeerd om meer nauwkeurige besluiten te formuleren.

### 3. Grondwaterkwaliteit nabij een stort van kanaalslib

In 1979 werden er 5 grondwaterstalen (A, B, C, D en E) bemonsterd op 10 à 50 m en 1 grondwaterstaal (F) op 200 m van het stort van de Lange Akkers. De analyseresultaten zijn weergegeven in tabel 17 (staalnamepunten fig. 24a).

De elueerbaarheid t.o.v. de tijd zal afhankelijk zijn van de optredende scheikundige reacties in het stort. In anaërobe omstandigheden is er een competitie tussen de organische stoffen en sulfide-ionen voor de binding van zware metalen. Cu, Ag, Mo, As, Pb, Hg en gedeeltelijk Cd zal gefixeerd worden onder de vorm van sulfiden. Mn, Co en Ni zullen als ionen en Zn en waarschijnlijk ook Cd zullen als organische complexen mobiel zijn..

		A	B	C	D	E	F
pH		6,62	5,89	5,67	6,54	6,55	5,83
Geleidbaarheid	$\mu\text{S}/\text{cm}$	1900	3020	1790	4190	2030	370
Anionische detergenten	mg/l	0,16	0,12	0,11	0,14	0,11	0,07
Fenol	mg/l	-	<0,003	-	-	<0,003	0,006
Totale $\text{CN}^-$	mg/l	0,008	0,013	0,003	0,007	0,006	0,001
$\text{Cl}^-$	mg/l	381	800	662	1360	432	19,5
F	mg/l	0,13	0,68	0,08	0,12	0,07	0,09
$\text{NH}_3\text{-N}$	mg/l	0,47	4,59	9,48	0,99	0,75	0
As	mg/l	-	0,091	-	-	0,044	0,035
Cd	mg/l	-	<0,01	-	-	<0,01	<0,01
Ca	mg/l	101	300	199	314	343	66
Totaal Cr	mg/l	0,005	0,002	0,003	0,002	0,002	0,002
Co	mg/l	0,021	0,088	0,078	<0,01	<0,01	<0,01
Fe	mg/l	8,12	90,5	28,3	35,6	11,9	0,28
Cu	mg/l	0,036	0,013	0,011	0,008	0,008	0,017
Hg	mg/l	-	<0,001	-	-	<0,001	<0,001
Pb	mg/l	-	<0,01	-	-	<0,01	<0,01
Mn	mg/l	0,80	5,14	1,49	5,12	1,15	0,26
Mg	mg/l	12,9	34,3	17,9	27,2	33,8	2,34
Mo	mg/l	-	0,03	-	-	<0,01	0,02
Na	mg/l	316	392	156	708	122	25
Ni	mg/l	0,114	0,261	0,254	0,242	0,068	0,052
Ag	mg/l	-	<0,05	-	-	<0,05	<0,05
Zn	mg/l	0,25	0,29	0,14	0,20	0,017	0,025

Tabel 17 : Grondwaterkwaliteit nabij een stort van kanaal-slib.

#### 4. Overeenstemming tussen de grondwaterkwaliteit en de te verwachten kwaliteit op basis van de elueerbaarheidsproeven

De elueerbaarheidsproeven moeten zo uitgevoerd worden dat kan vastgesteld worden welke elementen het grondwater zullen verontreinigen en in welke mate. De elueerbaarheid (mg/kg D.S.) van gestort kanaalslib (tabel 16) wordt hierna vergeleken met de grondwaterkwaliteit (mg/l) in de onmiddellijke nabijheid van het stort (tabel 17). Er dient echter opgemerkt te worden dat de concentraties in het eluaat (mg/l) bekomen bij de elueerbaarheidsproeven kleiner zijn dan de berekende elueer-

baarheid (mg/kg D.S., tabel 16). (De concentraties in het eluaat zouden gelijk zijn aan de berekende elueerbaarheid indien er 1 kg droge stof per liter water zou uitgelooagd worden, doch bij de proeven wordt slechts 100 g slib per liter water geëluëerd.)

Door de langere contacttijd zouden er in de waterige fase van het stort echter concentraties kunnen voorkomen die gelijk zijn aan de elueerbaarheid (mg/kg D.S.) onder proefomstandigheden.

Bij de hoeveelheid elueerbare bestanddelen (mg/kg D.S.) van kanaalslib (tabel 16) worden de irrigatienormen overschreden voor Ca, Mg, Na,  $\text{Cl}^-$ , Mn, Fe, F, Cu, Mo en Hg. In het grondwater in de onmiddellijke nabijheid van het stort worden deze normen eveneens overschreden voor deze elementen met uitzondering van F, Cu, Mo en Hg (tabel 17). Het fluorgehalte in het grondwater is veel kleiner en het Cu, Mo en Hg gehalte is in iets mindere mate kleiner.

De hoeveelheid elueerbare bestanddelen van het kanaalslib (tabel 16) overschrijden de irrigatienormen niet voor As, Cd, Cr, Co, Pb, Ni en Zn. In het grondwater zijn de concentraties van deze elementen eveneens kleiner dan de irrigatienormen. De vergelijking met de drinkwaternormen verloopt op ongeveer dezelfde wijze.

Uit het bovenstaande kan besloten worden dat het laboratoriumonderzoek naar de elueerbare elementen in kanaalslib grotendeels in overeenstemming is met de praktijkomstandigheden. De zone waarin het grondwater verontreinigd wordt is afhankelijk van de geologische omstandigheden. Op 200 m van de stortplaats waren de concentraties in het grondwater reeds kleiner dan de irrigatienormen.

## 5. Assen van kanaalslibverbranding

Bij het zoeken naar de verschillende behandelingsmethoden van het kanaalslib werd ook de verbranding ervan weerhouden als een mogelijke oplossing. De samenstelling van de assen en van de elueerbare bestanddelen ervan werd onderzocht door de Vereniging Vinçotte.

### 5.1. Samenstelling (tabel 18)

De zware metalen werden bepaald na digestie met  $\text{HNO}_3$  5N (100 g staal + 500 ml  $\text{HNO}_3$  5N gedurende 3 uur roeren en affiltreren). De pH, de met water extraheerbare cyaniden en de anionische detergenten werden bepaald op het filtraat van 100 g staal dat gedurende 3 uur geroerd werd met 500 ml gedemineraliseerd water. Het fenolgehalte werd bepaald na eluering van het staal met fosfaatbuffer pH 7 en het KWS gehalte na eluering met  $\text{CCl}_4$ .

		Slib	Assen
Fe	mg/kg D.S.	8437	1883
Mn	mg/kg D.S.	175	55
Cd	mg/kg D.S.	7,1	1,9
Cr	mg/kg D.S.	285	14,8
Cu	mg/kg D.S.	104	21
Pb	mg/kg D.S.	85	28,7
Ni	mg/kg D.S.	17	5,9
Hg	mg/kg D.S.	1,4	0,05
Zn	mg/kg D.S.	1000	164
Na	mg/kg D.S.	501	765
Ca	mg/kg D.S.	19553	8776
pH		10,91	10,52
Cyaniden	mg/kg D.S.	0,144	<0,003
Anionische detergenten	mg/kg D.S.	7,34	<0,004
Fenol	mg/kg D.S.	1,76	0,015
KWS	mg/kg D.S.	757	<1

Tabel 18 : Vergelijkende samenstelling van kanaalslib en van de assen ervan (1979).

Uit het vergelijkend onderzoek blijkt dat de met water extraheerbare cyaniden, de anionische detergenten, het fenol en de KWS praktisch volledig geëlimineerd worden door verbranding. Het gehalte aan zware metalen neemt eveneens af. Dit kan gedeeltelijk te wijten zijn aan de vorming van inerte derivaten tijdens de verbranding.

## 5.2. Elueerbaarheid

Een eerste onderzoek werd uitgevoerd op 100 g verbrandingsresten van kanaalslib die gedurende 30 minuten geroerd werden met 400 ml water uit de zandgroeve van Lochristi. De resultaten van dit onderzoek zijn weergegeven in tabel 19.

		Water uit de zandgroeve	Eluaat
pH		7,53	11,23
Geleidbaarheid	$\mu\text{S}/\text{cm}$	1230	2240
TH	$^{\circ}\text{F}$	36	72
Na	mg/l	168	273
Ca	mg/l	128	280
Mg	mg/l	11	5
K	mg/l	10	24
$\text{NH}_3\text{-N}$	mg/l	0,12	0,13
$\text{Cl}^-$	mg/l	207	228
$\text{SO}_4^{2-}$	mg/l	184	768
$\text{NO}_3^-$	mg/l	10,3	10,5

Tabel 19 : Elueerbaarheid van de assen van kanaalslib door roeren (mg/l eluaat) (1979).

Hieruit blijkt dat er vooral veel natrium, calcium en sulfaat vrijkomt uit het  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  en het  $\text{CaSO}_4$  in de assen. Hierdoor stijgt de geleidbaarheid en de TH. De pH is alkalisch. Analyses van CN, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Hg, Ni, Pb en Zn toonden aan dat er geen concentratieverschillen zijn tussen het onbehandeld water en het eluaat.

Voor het tweede onderzoek werd een glazen kolom gevuld met 22 cm assen. Hierover werd regenwater uit de Gentse kanaalzone gegoten. De proef duurde 6 dagen en het eluaat werd dagelijks geanalyseerd. De hoeveelheid regenwater die door de assen vloeide stemt overeen met een neerslag van 3 jaar, ervan uitgaande dat er geen verdamping was. De resultaten van dit onderzoek zijn vermeld in tabel 20.

	Eluens	Na verschillende dagen					
		1	2	3	4	5	6
Fe	0,05	0,05	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Mn	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Cd	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Cr	<0,01	0,16	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Cu	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Pb	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Ni	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Hg	<0,0001	0,0020	0,0005	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Zn	0,79	0,042	0,043	0,043	0,044	0,035	0,018
Na	0,66	959	24	5,5	3,7	4,7	2,46
Ca	11,0	157	260	286	167	111	88,5
CN <sup>-</sup>	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	<0,001
pH op 25°C	7,36	11,38	11,22	11,16	11,22	11,35	11,30

Tabel 20 : Elueerbaarheid van de assen van kanaalslib door eluering over een kolom (mg/l eluaat) (1979).

Uit de resultaten van het onderzoek blijkt dat zware metalen praktisch niet uitloogbaar zijn. Ca en Na worden wel in aanzienlijke hoeveelheden uitgeloozd. De Na concentraties nemen snel af in verloop van de tijd terwijl calcium over een langere periode vrijgesteld wordt.

Tenslotte werd een vergelijkend onderzoek uitgevoerd naar de elueerbaarheid van kanaalslib en de assen ervan bij verschillende pH waarden. 100 g monster werd 3 uur geroerd met 500 ml oplossing van

een bepaalde pH. De pH werd geregeld met  $\text{HNO}_3$  en konstant gehouden tijdens het roeren. De resultaten zijn opgegeven in tabel 21.

pH van de eluering	Baggerspecie				Asmonster			
	10	7	4	1	10	7	4	1
Fe	<0,12	0,25	3151	6526	<0,05	0,05	36	679
Mn	<0,05	1,74	96	154	<0,02	0,20	7,8	36
Cd	<0,05	<0,05	0,62	2,73	<0,02	<0,02	0,40	1,37
Cr	<0,12	<0,12	5,26	169	0,45	0,55	0,55	7,65
Cu	<0,12	<0,12	0,62	0,87	<0,05	<0,05	0,45	11,50
Pb	<0,62	<0,62	3,47	59	<0,25	0,50	1,20	3,60
Ni	0,74	0,74	6,92	10,3	<0,05	<0,05	0,65	2,27
Hg	0,019	0,031	0,022	0,017	0,004	0,0025	0,0025	0,055
Zn	0,60	0,79	43,7	789	0,30	0,32	26,1	131
Na	419	419	479	501	361	252	252	350
Ca	1945	4864	14069	18993	785	1964	4087	7043

Tabel 21 : Vergelijkend onderzoek naar de elueerbaarheid van kanaalslib en de assen ervan bij verschillende pH waarden (mg/kg D.S.) (1979).

Uit de resultaten blijkt dat er over het algemeen meer metalen geëluëerd worden uit kanaalslib dan uit de assen ervan. De elueerbaarheid is gering tot pH 7. Van pH 7 naar pH 1 vergroot de vrijstelling van de metalen. Daarentegen wordt Na en Ca reeds in aanzienlijke hoeveelheden vrijgesteld bij pH 7 met een sterke toename bij lagere pH's.

## 6. Besluit

Het kanaalslib bevat veel calcium, magnesium, sulfaat, natrium, chloride, fluoride, ammoniakale stikstof en zware metalen. De slibkwaliteit is sterk afhankelijk van de plaats. In het Belgisch kanaalgedeelte komen de grootste concentraties zware metalen voor tussen de Tolhuisstuw en de Ringvaart. In het Nederlands gedeelte zijn deze concentraties lager.



Bij de vergelijking van het kanaalslib met het slib van waterzuiveringsstations stellen we vast dat er in het kanaalslib betrekkelijk meer Mn, Cr, Zn, Fe, Ca en Na voorkomt. Bij de vergelijking van de afzonderlijke slibstalen met de richtnormen voor zware metalen voor het gebruik van slib in de landbouw worden de normen dikwijls overschreden voor Cd, Cr, Cu, Pb, Zn en Hg. Daarnaast komen er nog belangrijke hoeveelheden Ca, Mg,  $\text{SO}_4$ , Na,  $\text{Cl}^-$  en F voor. Het kanaalslib moet dus onder gecontroleerde omstandigheden gestort worden.

Door het elueren van kanaalslib kunnen grote concentraties vrijgesteld calcium, magnesium, sulfaat, natrium, chloride, fluoride en ammoniak het grondwater sterk verontreinigen. Zware metalen worden in geringe concentraties geëluëerd.

Uit de vergelijking van de elueerbaarheid van 3 à 9 jaar gestort slib met vers slib blijkt dat er minder Ca, Na,  $\text{Cl}^-$  en  $\text{NH}_3\text{-N}$  geëluëerd wordt uit het gestort slib ten gevolge van een eventuele reeds gedeeltelijke eluering. De elueerbaarheidsproeven van het gestort kanaalslib op de Lange Akkers en het onderzoek van de grondwaterkwaliteit in de nabijheid van het stort tonen aan dat de bekomen grondwaterkwaliteit grotendeels in overeenstemming is met de te verwachten situatie uitgaande van de elueerbaarheidsproeven. In het grondwater dichtst bij het stort worden de irrigatienormen overschreden voor Ca, Mg, Na,  $\text{Cl}^-$ , Mn en Fe. Op 200 m van de stortplaats zijn de concentraties reeds kleiner dan de irrigatienormen.

De assen van het kanaalslib bevatten minder zware metalen en zijn praktisch vrij van in water oplosbare cyaniden, anionische detergenten, fenolen en KWS. Er wordt veel natrium, calcium en sulfaat geëluëerd. Over het algemeen worden er minder zware metalen geëluëerd uit de assen dan uit het slib. De elueerbaarheid van zware metalen is gering tot pH 7 maar ze stijgt sterk met dalende pH.

## HOOFDSTUK VII

## ANALYSERESULTATEN VAN HET GRONDWATERONDERZOEK

Door de Leerstoel voor Toegepaste Geologie van de R.U.G., Prof. Dr. W. De Breuck, werden 75 grondwaterstalen, genomen in de kanaalzone, ter analysering aangeboden. De resultaten zijn opgenomen in tabel 22. Voor de bespreking en de verwerking verwijzen wij naar de Hydrogeologische studie van het kanaal Gent-Terneuzen (R.U.G.) die tegelijkertijd en in overleg met de oppervlaktewaterstudie uitgevoerd werd.

	Eenheid	LO1.1 F1	LO3.1 F1	LO3.3 F1	LO5.1 F1	LO5.3 F1	LO7.1 F1	LO7.3 F1	LO9.1 F1	LO11.1 F1	LO11.3 F1	RO1.1 F1	RO1.3 F1	RO1.6 F1
Monsternamedatum		27.07 1982	27.07 1982	27.07 1982	26.07 1982	27.07 1982	26.07 1982	26.07 1982	26.07 1982	26.07 1982	26.07 1982	07.07 1982	27.07 1982	27.07 1982
Temperatuur	°C	-	13,2	12,7	11,7	11,1	11,4	12,3	11,9	12,6	11,1	15,3	11,1	10,7
pH		6,50	7,00	7,12	6,17	7,12	7,01	7,06	7,21	7,18	7,16	7,09	7,13	7,15
Geleidbaarheid	µS/cm	5650	750	381	4040	391	814	493	517	602	476	7800	1123	353
NH <sub>3</sub> -N	mg/l	5,32	4,04	1,23	6,14	1,58	7,82	2,64	1,01	1,85	0,70	8,67	3,70	1,79
Na <sup>+</sup>	mg/l	311	30,6	26,4	113	11,7	25,1	19	19,5	39	13,8	1600	55	12,3
K <sup>+</sup>	mg/l	56	8,8	5,0	15,9	1,91	13,6	7,1	3,5	15,0	0,9	32,2	5,9	1,86
Mg	mg/l	193	12,3	7,4	77	4,2	18,1	13,2	9,3	11,1	6,0	114	11,1	4,0
Ca	mg/l	607	111	48,6	1113	67,4	117	67,9	82,6	71,5	85,5	166	186	59,0
Fe	mg/l	31,6	8,73	4,04	84,4	4,07	5,85	7,53	5,08	3,32	5,13	9,86	8,89	3,30
Mn	mg/l	0,92	0,62	0,18	4,18	0,19	0,28	0,29	0,33	0,15	0,29	0,33	0,32	0,11
Cu	mg/l	0,028	-	-	0,029	-	-	-	1,31	0,006	-	0,024	-	0,014
Zn	mg/l	0,029	-	-	<0,005	-	-	-	<0,005	<0,005	-	0,011	-	0,014
Pb	mg/l	0,120	-	-	0,125	-	-	-	0,088	0,034	-	0,072	-	0,064
Cd	mg/l	0,012	-	-	0,018	-	-	-	0,005	0,006	-	0,007	-	0,004
Cl <sup>-</sup>	mg/l	1980	62	21	79	16	44	17	29	44	39	2520	110	25
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	mg/l	60	69	10,5	1750	10,5	106	11	45	14	60	127	166	26
NO <sub>2</sub> -N	mg/l	<0,005	<0,005	<0,005	0,008	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
NO <sub>3</sub> -N	mg/l	0	0,14	0,09	2,42	0,11	0,13	0,13	0,12	0,09	0,10	0,04	0,10	0,09
O-PO <sub>4</sub>	mg/l	2,13	-	-	3,15	-	-	-	0,80	1,01	-	30,54	-	1,39
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	412	329	220	1915	231	364	317	258	331	195	945	404	178
CO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TH	°F	230,8	32,9	15,18	309,5	18,54	36,54	22,38	24,45	22,40	23,78	88,41	50,9	16,33
TAP	°F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TAM	°F	33,75	26,95	18,00	157	19,00	29,85	25,95	21,15	27,10	15,95	77,5	33,15	14,60

	Eenheid	RO3.1 F1	RO3.3 F1	RO3.4 F1	RO7.1 F1	RO7.3 F1	RO7.2 F1	RO7.4 F1	RO7.5 F1	RO9.1 F1	RO9.3 F1	RO11.1 F1	RO11.3 F1	LO4.1 F1
Monsternamedatum		27.07 1982	28.07 1982	28.07 1982	28.07 1982	28.07 1982	28.07 1982	28.07 1982	28.07 1982	28.07 1982	28.07 1982	29.07 1982	29.07 1982	22.09 1982
Temperatuur	°C	13,3	11,4	10,8	11,6	11,3	11,0	11,8	11,9	11,7	12,0	12,5	11,6	-
pH		7,01	7,20	7,23	6,87	7,15	7,13	6,97	7,09	6,95	6,65	7,08	7,11	6,70
Geleidbaarheid	µS/cm	765	419	422	2820	745	1326	1727	690	1218	7430	800	689	8310
NH <sub>3</sub> -N	mg/l	2,07	2,01	0,98	2,39	1,86	1,05	1,30	4,76	4,43	8,31	3,16	2,35	368
Na <sup>+</sup>	mg/l	20,3	13,0	11,9	64	24,2	45,7	38	52	42	1160	33	14,1	773
K <sup>+</sup>	mg/l	4,2	5,0	1,65	10,3	8,4	6,8	7,6	13,2	19	28,3	6,5	8,8	31,7
Mg	mg/l	8,4	6,2	5,0	26,3	15,1	13,8	16,4	16,7	26,7	79	8,8	8,0	64,5
Ca	mg/l	135	66,2	72,0	522	110	24,9	328	68,4	199	457	126	115	929
Fe	mg/l	9,70	5,63	3,15	24,0	7,80	10,79	15,64	7,10	9,90	27,6	6,74	6,06	72,4
Mn	mg/l	0,45	0,19	0,15	0,99	0,34	0,51	0,97	0,46	0,35	0,67	0,23	0,11	0,83
Cu	mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	0,014	-	0,015	-	0,034
Zn	mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	0,010	-	0,013	-	0,022
Pb	mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	0,085	-	0,074	-	0,091
Cd	mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	0,008	-	0,005	-	0,007
Cl <sup>-</sup>	mg/l	67	22	29	712	79	124	316	46	58	2440	74	76	632
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	mg/l	135	25	51	184	55	158	84	38	45	532	19	37	4110
NO <sub>2</sub> -N	mg/l	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0
NO <sub>3</sub> -N	mg/l	0,12	0,12	0,12	0,13	0,11	0,09	0,12	0,09	0,15	0	0,09	0,10	0,15
O-PO <sub>4</sub>	mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	1,91	-	2,97	-	4,14
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	254	220	167	526	306	564	558	348	763	272	406	288	772
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	mg/l	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TH	°F	37,24	19,05	20,03	140,97	33,56	67,87	88,70	23,94	60,56	146,4	34,97	31,88	272
TAP	°F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TAM	°F	20,85	18,00	13,70	43,10	25,10	46,25	45,70	28,53	62,50	22,30	33,30	23,60	63,25

	Eenheid	LO6.1 F1	LO8.1 F1	RO3.4 F1	RO4.1a F1	RO4.2 F1	RO4.1e F1	RO6.5 F1	RO8.5 F1	LO1.2 F1	LO4.4 F1	LO5.4 F1	LO8.2 F1	LO10.1 F1
Monsternamedatum		22.09 1982	22.09 1982	22.09 1982	22.09 1982	22.09 1982	22.09 1982	22.09 1982	22.09 1982	27.09 1982	27.09 1982	27.09 1982	27.09 1982	27.09 1982
Temperatuur	°C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
pH		7,11	7,13	6,84	7,35	7,31	7,35	7,13	6,75	6,40	7,22	7,32	7,20	7,44
Geleidbaarheid	µS/cm	647	1021	2850	421	393	396	1010	2915	3510	500	286	860	1008
NH <sub>3</sub> -N	mg/l	5,38	2,67	3,21	0,73	1,05	0,64	1,25	10,40	11,61	1,16	1,00	1,64	2,00
Na <sup>+</sup>	mg/l	39,4	40	95,9	16,3	14,3	15,2	67,5	316	243	18,9	11,5	29,4	29,3
K <sup>+</sup>	mg/l	20,8	7,8	2,8	2,1	2	2,1	21,9	29,2	12	2,4	2,4	8,9	33,5
Mg	mg/l	21,5	18	30,6	5,6	3,9	3,9	32,7	95,6	30,4	4,3	3,4	12	45,8
Ca	mg/l	69,4	161	470	61,2	83,9	83,9	154	294	469	99	48,2	156	135
Fe	mg/l	5,1	7,5	17,7	3,0	3,63	3,33	6,01	15,8	45,9	3,3	2,21	6,48	2,62
Mn	mg/l	0,05	0,01	0,37	0,01	0,13	0,01	0,02	0,25	0,80	0,02	0,02	0,02	0,02
Cu	mg/l	0,010	0,004	-	0,009	-	-	-	0,008	0,026	0,014	-	-	0,020
Zn	mg/l	0,100	0,038	-	0,029	-	-	-	0,038	0,014	<0,005	-	-	0,059
Pb	mg/l	0,065	0,104	-	0,051	-	-	-	0,114	0,109	0,090	-	-	0,103
Cd	mg/l	0,005	0,007	-	0,006	-	-	-	0,006	0,007	0,004	-	-	0,005
Cl <sup>-</sup>	mg/l	22,5	84,6	793	24,2	29,6	26,3	107,4	993	1209	16,0	16,9	70,6	53,2
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	mg/l	1,0	108	1,0	7,0	64,0	59,0	133	145	2,0	2,5	2,5	129	262
NO <sub>2</sub> -N	mg/l	0	0	0	0	0	0	0,001	0	0	0	0	0	0
NO <sub>3</sub> -N	mg/l	0,09	0,12	0,02	0,12	0,12	0,05	0,05	0,05	0,15	0,07	0,02	0,19	0,20
O-PO <sub>4</sub>	mg/l	4,08	1,89	0,96	1,01	0,82	0,89	0,99	3,91	2,36	0,96	1,29	1,02	1,01
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	431	457	557	211	194	210	529	431	302	362	176	375	364
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	mg/l	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TH	°F	27,1	49	134	18,2	23,4	23,2	53	117	140	27,6	14,3	46,3	54
TAP	°F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TAM	°F	35,30	37,50	45,65	17,30	15,90	17,25	43,35	35,35	24,75	29,65	14,40	30,70	29,85

	Eenheid	LO12.1 F1	RO1.2 F1	RO6.6 F1	RO10.6 F1	RO1.1 F2	LO4.1 F2	RO7.1 F2	RO7.3 F2	RO7.2 F2	RO7.4 F2	RO9.3 F2	RO9.4 F1	LO5.1 F2
Monsternamedatum		27.09 1982	27.09 1982	27.09 1982	27.09 1982	28.09 1982	28.09 1982	28.09 1982	28.09 1982	28.09 1982	28.09 1982	28.09 1982	28.09 1982	05.10 1982
Temperatuur	°C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
pH		6,21	6,73	7,20	7,19	7,88	8,65	7,18	6,66	7,38	5,94	7,07	7,06	7,15
Geleidbaarheid	µS/cm	7410	2570	635	423	3340	3530	1155	3460	1232	867	4180	899	1190
NH <sub>3</sub> -N	mg/l	6,57	10,00	0,88	2,03	11,22	328	0,62	1,69	0,08	2,09	6,73	3,29	2,13
Na <sup>+</sup>	mg/l	964	136	21,4	9,8	623	258	130	201	36	67,3	694	47,5	60,4
K <sup>+</sup>	mg/l	12,8	13,7	8,7	5,7	41,2	11,7	5,9	4,6	102	12,6	41,8	13,7	10,1
Mg	mg/l	266	59,1	13,1	10,3	55,8	5,7	11,5	42,6	15,4	12,4	62,6	26,5	13,2
Ca	mg/l	737	366	101	70,5	92,4	99,1	155	556	174	93,4	182	106	214
Fe	mg/l	139,7	41,9	5,66	5,70	1,53	3,00	4,59	37,1	0,33	1,02	4,38	10,7	19,0
Mn	mg/l	2,94	0,21	0,01	0,01	0,17	0,06	0,53	1,88	0,02	0,16	0,97	0,07	0,33
Cu	mg/l	0,048	0,029	-	-	0,011	0,032	0,020	0,015	0,017	-	-	-	-
Zn	mg/l	0,043	0,031	-	-	0,193	0,137	0,034	0,125	0,066	-	-	-	-
Pb	mg/l	0,137	0,134	-	-	0,073	0,145	0,092	0,144	0,080	-	-	-	-
Cd	mg/l	0,019	0,009	-	-	0,012	0,018	0,007	0,012	0,006	-	-	-	-
Cl <sup>-</sup>	mg/l	1892	604	56,3	31,4	928	330	61,5	1021	54,6	176,1	1069	61,2	61,0
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	mg/l	1490	3,5	82	1,0	111	714	169	192	210	114	481	3,0	156
NO <sub>2</sub> -N	mg/l	0,011	0	0	0	0	1,52	0,013	0	0,024	0	0	0	0
NO <sub>3</sub> -N	mg/l	0,98	0,02	0,07	0,01	0,20	6,75	0,21	0,36	52,3	0,10	0,26	0,09	0,13
O-PO <sub>4</sub>	mg/l	1,30	3,84	1,31	2,78	36,6	1,59	0,64	0,67	0,17	0,66	0,26	5,02	2,37
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	1274	916	267	266	565	594	599	569	261	110	381	515	646
CO <sub>3</sub> <sup>--</sup>	mg/l	0	0	0	0	0	201	0	0	0	0	0	0	0
TH	°F	319	124	32,8	29,8	47	28	46,8	163	53,1	29,8	77,6	40,8	62,5
TAP	°F	0	0	0	0	0	16,75	0	0	0	0	0	0	0
TAM	°F	104,4	75,05	21,85	21,80	46,35	82,15	49,13	46,60	21,43	9,03	31,25	42,20	52,95

	Eenheid	LO7.1 F2	LO9.1 F2	LO10.1 F2	LO11.1 F2	RO13.2 F1	RO8.1 F1	RO2.5 F1	RO4.1b F1	RO6.4 F1	RO9.2 F1	RO9.2 F2	RO12.1 F1
Monsternamedatum		05.10 1982	05.10 1982	05.10 1982	05.10 1982	05.10 1982	05.10 1982	07.10 1982	07.10 1982	07.10 1982	07.10 1982	07.10 1982	07.10 1982
Temperatuur	°C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
pH		7,23	7,42	8,18	7,01	7,13	7,22	7,23	7,21	7,23	6,72	7,66	7,12
Geleidbaarheid	µS/cm	989	1098	3070	940	844	488	654	725	756	1895	1431	1514
NH <sub>3</sub> -N	mg/l	0,20	0,63	15,86	0,41	2,70	0,98	0,06	0,95	0,83	8,75	4,12	1,09
Na <sup>+</sup>	mg/l	20,5	12,3	611	23,1	30,5	19,3	39,1	21,6	31,8	87,6	28,2	56,7
K <sup>+</sup>	mg/l	5,7	7,2	154	2,7	7,6	2	8	15,1	3,4	12,7	24,3	7,1
Mg	mg/l	13,4	22,3	26,6	10,2	17,7	5,8	5,4	4,9	6,4	56,6	42	10,6
Ca	mg/l	205	219	54,1	222	154	91,8	95	137	138	252	272	297
Fe	mg/l	5,00	3,12	0,47	11,4	7,67	3,70	4,01	6,86	6,77	31,1	2,99	7,35
Mn	mg/l	0,38	1,29	6,30	0,97	0,09	0,18	0,01	0,38	0,21	0,24	0,53	0,46
Cu	mg/l	-	-	-	-	0,012	0,011	-	-	-	-	-	0,047
Zn	mg/l	-	-	-	-	0,091	0,051	-	-	-	-	-	0,088
Pb	mg/l	-	-	-	-	0,069	0,058	-	-	-	-	-	0,177
Cd	mg/l	-	-	-	-	0,007	0,006	-	-	-	-	-	0,017
Cl <sup>-</sup>	mg/l	27,9	34,2	880	33,2	73,3	35,1	61,2	44,3	48,5	313	45,8	188,4
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	mg/l	187	320	118	126	124	83	91	112	121	159	196	319
NO <sub>2</sub> -N	mg/l	0	0,045	0	0	0	0	0,556	0,071	0	0	0	0
NO <sub>3</sub> -N	mg/l	0,22	13,51	0,53	0,11	0,15	0,09	0,69	0,72	0,12	0,09	0,23	0,08
O-PO <sub>4</sub>	mg/l	1,49	0,49	1,51	0,95	1,46	2,27	0,30	0,44	0,79	3,10	3,01	0,95
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	489	327	498	595	396	209	204	320	329	687	869	424
CO <sub>3</sub> <sup>--</sup>	mg/l	0	0	24,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TH	°F	58,2	66,2	32,2	61,7	47,5	26,0	29,8	37,6	38,8	92	86	83
TAP	°F	0	0	2,03	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TAM	°F	40,05	26,80	44,90	48,80	32,50	17,15	16,75	26,25	27,00	56,30	71,25	34,75

	Eenheid	RO10.4 F1	RO8.5 F2	146 HB3 F1	RO3.5 F2	PG2 F1	PG1 F1	RO5.1 F1	RO6.1 F1	PG8 F1	146 HB3 F2	146 HB3 F1 (bis)
Monsternamedatum		01.03 1983	01.03 1983	01.03 1983	01.03 1983	04.03 1983	04.03 1983	04.03 1983	04.03 1983	04.03 1983	04.03 1983	17.03 1983
Temperatuur	°C	10,5	9,6	10,8	11,1	11,2	10,8	11,4	11,1	10,2	9,2	10,1
pH		7,08	7,16	7,56	7,07	7,39	7,45	7,82	7,05	7,74	7,74	7,34
Geleidbaarheid	µS/cm	523	972	2510	1742	927	875	366	979	312	778	2790
NH <sub>3</sub> -N	mg/l	2,80	2,07	0,12	0,36	0,99	0,09	0,98	3,17	0,02	0,15	0,42
Na <sup>+</sup>	mg/l	12,95	53,78	236,5	167,4	29,16	31,58	10,44	36,0	10,63	18,85	294,6
K <sup>+</sup>	mg/l	7,68	3,24	8,02	8,97	3,49	2,35	2,72	5,09	0,74	1,09	8,30
Mg	mg/l	22,08	13,62	32,10	19,07	10,43	14,20	4,95	13,42	2,9	7,36	36,9
Ca	mg/l	79,41	155,1	278,2	223,6	168	155,2	68,72	163,9	65	120	310
Fe	mg/l	6,56	10,65	2,36	10,94	19,39	7,24	1,97	9,23	1,88	0,10	0,10
Mn	mg/l	0,08	0,62	1,06	1,72	0,55	0,89	0,11	0,30	0,21	0,02	0,44
Cu	mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Zn	mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pb	mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cd	mg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cl <sup>-</sup>	mg/l	25,6	102,4	664	274,4	104,8	66,4	24	118,4	19,9	52	760
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	mg/l	34,2	30,4	74,3	86,6	98,7	255	34,1	62,1	89	76,9	135,6
NO <sub>2</sub> -N	mg/l	0,001	0,004	0,003	0	0	0,01	0,003	0,002	0,04	1,29	0,003
NO <sub>3</sub> -N	mg/l	0,02	0,01	0,14	0,20	0	0,01	0	0	0,05	0,19	0,33
O-PO <sub>4</sub>	mg/l	0,34	0,15	0,51	0,22	0,62	0,66	0,47	0,54	0,64	1,29	0,25
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	345	523	458	713	379	207	193	427	104	247	481
CO <sub>3</sub> <sup>--</sup>	mg/l	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TH	°F	30,1	46,3	86	67,03	50,48	46,63	19,6	48,9	17,8	35,45	92,7
TAP	°F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TAM	°F	28,29	42,85	37,55	58,45	31,08	16,95	15,8	34,98	8,5	20,25	39,41

Tabel 22 : Analyseresultaten van de kwaliteit van het  
grondwater in de Gentse kanaalzone.

## HOOFDSTUK VIII

ANALYSERESULTATEN VAN HET AANVULLEND ONDERZOEK1. Kontraktuele bepalingen

Naast het verzamelen van de bestaande gegevens over de waterkwaliteit van het kanaal Gent-Terneuzen werden er in de studie aanvullende staalnamen en analyses voorzien :

- a) op 6 prospekties, 10 meetplaatsen en 5 diepten, zijnde 300 staalnamen :  
temperatuur, opgeloste zuurstof, geleidbaarheid, zuurtegraad, redoxpotentiaal, chloriden en sulfaten;
- b) op 6 prospekties, 10 meetplaatsen en verschillende diepten, zijnde op 120 staalnamen :  
chemisch zuurstofverbruik, biochemisch zuurstofverbruik, calcium en magnesium;
- c) op 2 prospekties, 10 meetplaatsen en één diepte, zijnde 20 staalnamen :  
ammoniakale stikstof, lood, cadmium, zink en koper.

2. Reële uitvoering

Daar de drie eerste meetpunten in het eerste gedeelte van het kanaal niet op 5 diepten konden bemonsterd worden werden de 10 voorziene meetpunten uitgebreid tot 12. Hierdoor werden de staalnamen vermeld onder a) van 50 op 51 per prospektie gebracht en deze vermeld onder b) van 20 op 21. Op aandringen van de werkgroep werden bij de tweede, derde, vierde en zesde prospektie nog 3 bijkomende meetplaatsen bemonsterd op Nederlands grondgebied en dit eveneens op 5 diepten.

Door deze uitbreiding werden er in het totaal 366 stalen geanalyseerd op temperatuur, opgeloste zuurstof, geleidbaarheid, zuurtegraad, redoxpotentiaal, chloriden en sulfaten. Op 162 stalen werd COD, BOD, Ca en Mg geana-

lyseerd en op 25 stalen  $\text{NH}_3\text{-N}$ , Pb, Cd, Zn en Cu. De resultaten zijn vermeld in tabel 24. Er werden 6 prospecties uitgevoerd :

de eerste op 04.08.81;

de tweede op 03.02.82;

de derde op 05.05.82;

de vierde op 03.08.82;

de vijfde op 08.12.82;

de zesde op 09.02.83.

De bemonsterde meetpunten worden hierna opgegeven :

	Afstand van de Tolhuisstuw
1. Vóór de Tolhuisstuw	90 m
2. Ringspoorbrug	460 m
3. Meulestedebrug	2170 m
4. Vlak na de aansluiting met de Ringvaart	3870 m
5. Na het Petroleumdok	6270 m
6. Ter hoogte van EBES, vóór de Moervaart	8290 m
7. Ter hoogte van het midden van het Rodenhuizedok	10040 m
8. Tegenover het Executie-oord te Rieme	11590 m
9. Na de Avrijevaart	12990 m
10. Ter hoogte van het begin van de zuide- lijke insteekhaven	14590 m
11. Zelzatebrug	16005 m
12. Belgisch-Nederlandse grens	17145 m
13. Tussen Sas van Gent en Sluiskil (paal 50)	22400 m
14. Stroomafwaarts Sluiskil (paal 104)	26000 m
15. Stroomopwaarts de sluizen te Terneuzen (referentiepunt)	29900 m

De meetpunten werden aangeduid op fig. 25.

De stalen werden genomen aan boord van de "Lotus" van het Ministerie van Openbare Werken. De bemonsteringen werden uitgevoerd in het midden van het kanaal met één pomp waarmee de monsters van op 0,5; 3,5; 6,5; 9,5 en 12,5 m diepte

werden opgepompt. Het eerste meetpunt kon slechts op 0,5 m, het tweede op 0,5 en 3,5 m en het derde op 0,5; 3,5 en 6,5 m diepte bemonsterd worden. De zuurstof, temperatuur en geleidbaarheid werden ter plaatse gemeten met gebruik van een doorstroomcel. De zuurtegraad en redoxpotentiaal werden onmiddellijk na de staalname gemeten. Chloriden, sulfaten, calcium, magnesium, COD, BOD,  $\text{NH}_3\text{-N}$ , Pb, Cd, Zn en Cu werden in het laboratorium bepaald. Voor de bepaling van  $\text{NH}_3\text{-N}$  werd er gefixeerd met chloroform en voor de zware metalen met  $\text{HNO}_3$  0,1 N.

Ter illustratie van het nuttig effect van de zuurstofinbreng werd het zuurstofgehalte en de temperatuur onmiddellijk na de Tolhuisstuw vergeleken met deze van vóór de stuw (tabel 23).

	Opgeloste $\text{O}_2$ mg/l		Temperatuur °C	
	Vóór stuw	Na stuw	Vóór stuw	Na stuw
03.02.82	3,45	5,90	5,2	-
05.05.82	4,5	6,0	14,0	14,0
03.08.82	2,28	4,45	23,8	23,9
08.12.82	1,16	2,90	9,0	8,0
09.02.83	5,75	7,52	6,5	-

Tabel 23 : Vergelijking van zuurstofgehalte en temperatuur vóór en na de Tolhuisstuw.

De analyseresultaten worden gezamenlijk met de andere verzamelde resultaten besproken in hoofdstuk IX.



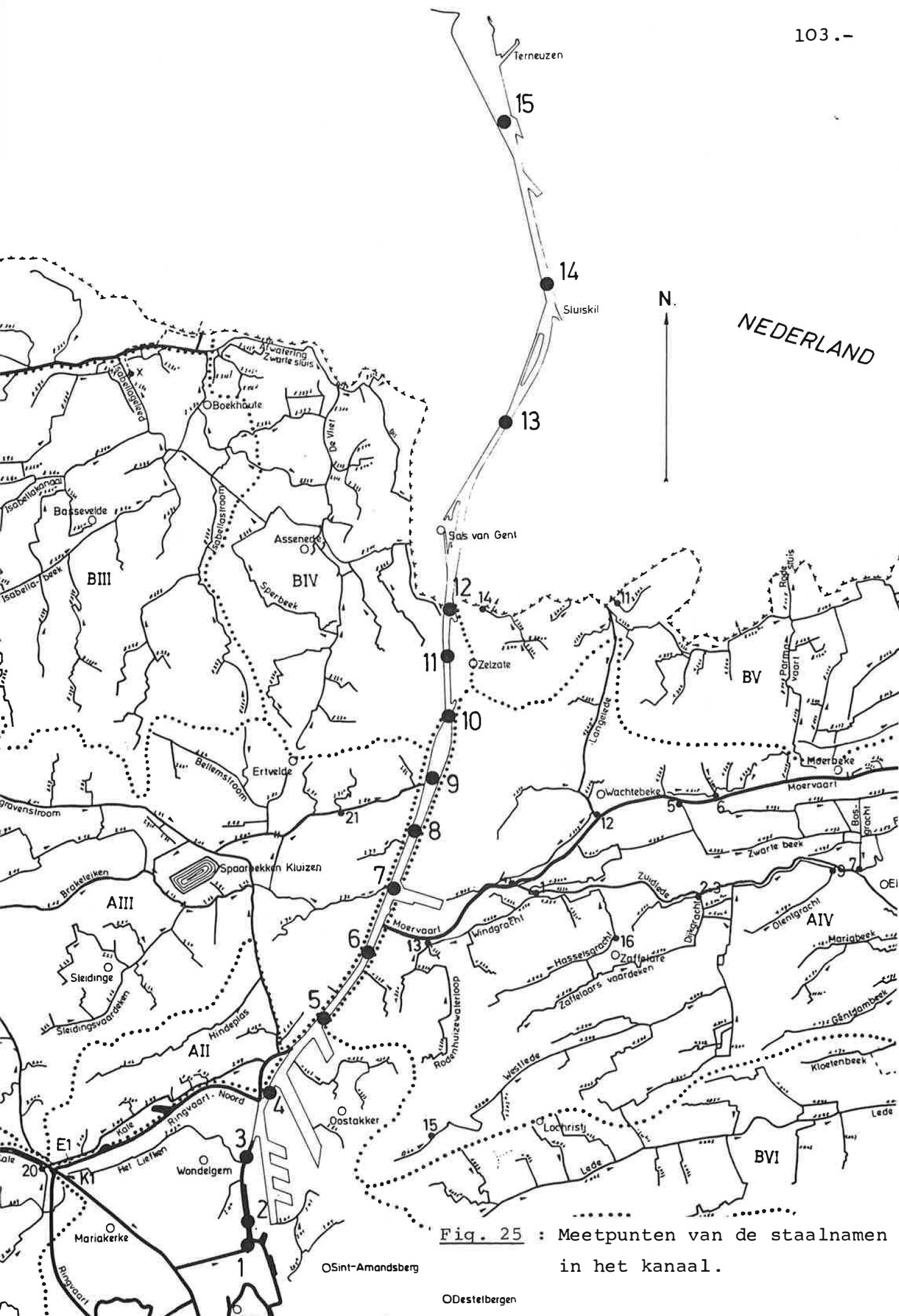


Fig. 25 : Meetpunten van de staalnamen  
in het kanaal.

	Eenheid	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Monsternametijd	uur	16.00	10.10	10.25	10.40	11.00	11.25	11.50	12.55	13.20	13.40	14.00	14.15
Temp.	0,5 m °C	22,6	21,9	22,0	22,0	23,3	22,8	25,3	25,1	24,9	25,0	25,5	25,1
	3,5 m	-	21,4	21,8	21,5	22,8	22,5	24,1	24,4	24,4	24,2	25,0	24,2
	6,5 m	-	-	21,3	21,8	22,2	22,6	23,3	24,8	24,0	23,9	24,1	23,8
	9,5 m	-	-	-	21,8	22,2	22,6	22,9	23,1	23,2	23,4	23,4	23,0
	12,5 m	-	-	-	21,9	22,1	22,3	22,8	22,7	22,8	23,0	22,9	22,8
Opgel. O <sub>2</sub>	0,5 m mg/l	6,15	3,15	3,30	1,30	1,25	1,65	3,80	3,90	2,47	3,75	4,30	4,60
	3,5 m	-	1,30	1,35	0,22	0,60	1,18	1,25	2,00	1,60	2,50	2,80	2,10
	6,5 m	-	-	0,18	0,09	0,10	0,12	0,41	0,75	1,18	1,32	1,82	1,52
	9,5 m	-	-	-	0,05	0,02	0,05	0,03	0,10	0,20	0,77	0,85	0,42
	12,5 m	-	-	-	0,03	0	0,04	0,03	0,02	0,10	0,17	0,19	0,15
Geleidb.	0,5 m µS/cm	1031	1276	1584	2811	3552	3957	4434	4829	5327	5471	5622	5717
	3,5 m	-	1595	2258	3778	4131	4107	4794	5024	5533	5635	5643	6031
	6,5 m	-	-	4246	5123	4910	5504	5901	5690	5683	5957	5739	6106
	9,5 m	-	-	-	5766	6360	6289	6154	6675	6817	6511	6596	6964
	12,5 m	-	-	-	6200	6845	7048	6863	7747	8192	8996	9223	9702
pH	0,5 m	8,11	7,91	7,96	7,78	7,82	7,74	7,84	7,84	7,88	7,76	7,78	7,78
	3,5 m	-	7,84	7,88	7,76	7,78	7,74	7,75	7,82	7,66	7,67	7,72	7,70
	6,5 m	-	-	7,65	7,73	7,74	7,76	7,73	7,80	7,71	7,62	7,71	7,72
	9,5 m	-	-	-	7,69	7,66	7,72	7,75	7,74	7,56	7,59	7,64	7,56
	12,5 m	-	-	-	7,61	7,66	7,66	7,72	7,70	7,54	7,54	7,58	7,63
rH	0,5 m	29,4	28,9	28,6	28,2	28,7	28,5	28,6	28,4	29,0	27,8	27,6	27,1
	3,5 m	-	28,3	29,0	28,4	28,8	28,4	28,6	28,8	27,9	27,7	27,3	27,1
	6,5 m	-	-	28,1	27,8	28,1	28,7	28,5	28,8	27,8	27,3	27,1	27,2
	9,5 m	-	-	-	27,8	28,3	28,0	28,6	28,4	27,5	27,3	26,5	27,2
	12,5 m	-	-	-	27,6	28,2	28,1	28,5	28,9	27,4	27,3	26,5	27,3
Cl <sup>-</sup>	0,5 m mg/l	82	161	281	729	981	1099	1344	1394	1578	1622	1666	1694
	3,5 m	-	269	509	1021	1189	1139	1388	1478	1640	1666	1672	1836
	6,5 m	-	-	1222	1555	3626	1609	1649	1702	1712	1848	1760	1852
	9,5 m	-	-	-	1782	1992	1932	1912	2135	2188	2002	2042	2142
	12,5 m	-	-	-	2006	2123	2210	2240	2458	2750	3000	3052	3324
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0,5 m mg/l	143	-	167	240	269	305	334	363	389	420	424	432
	3,5 m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	6,5 m	-	-	-	352	-	406	-	436	-	450	-	450
	9,5 m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	12,5 m	-	-	-	464	-	492	-	556	-	620	-	670
COD	0,5 m mgO <sub>2</sub> /l	75,2	-	85,3	84,6	84,0	50,2	48,0	51,4	46,1	45,8	48,6	48,3
	6,5 m	-	-	-	41,7	-	38,9	-	47,0	-	41,4	-	42,3
	12,5 m	-	-	-	37,9	-	42,9	-	47,0	-	53,0	-	50,8
BOD	0,5 m mgO <sub>2</sub> /l	16,8	-	15,3	11,1	9,0	9,2	8,8	6,6	6,3	6,5	4,9	7,5
	6,5 m	-	-	-	6,9	-	3,7	-	4,2	-	3,9	-	4,6
	12,5 m	-	-	-	4,1	-	3,0	-	3,1	-	3,2	-	2,8
NH <sub>3</sub> -N	0,5 m mg/l	7,45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3,5 m	-	-	7,95	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	6,5 m	-	-	-	7,51	7,33	7,37	7,11	6,98	7,07	6,94	6,99	6,80
TH	0,5 m °F	35,2	-	42,0	56,0	63,7	68,3	72,2	78,5	82,6	84,4	86,1	87,6
	6,5 m	-	-	-	77,0	-	82,9	-	86,8	-	89,8	-	91,4
	12,5 m	-	-	-	94,2	-	101,6	-	110,8	-	126,1	-	136
Ca	0,5 m mg/l	120	-	129	136	143	141	143	143	148	149	149	152
	6,5 m	-	-	-	146	-	149	-	150	-	151	-	154
	12,5 m	-	-	-	152	-	154	-	159	-	168	-	172
Mg	0,5 m mg/l	12,9	-	23,6	53,7	68,1	80,3	88,8	104	111	115	119	121
	6,5 m	-	-	-	98,7	-	111	-	120	-	127	-	129
	12,5 m	-	-	-	137	-	154	-	173	-	205	-	226

	Eenh.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Monsternametijd	uur	17.15	09.05	09.20	09.50	10.20	10.40	11.00	11.25	11.45	12.45	13.05	13.20	14.00	14.35	15.05
Temp.	0,5 m °C	5,2	5,0	5,2	5,1	5,9	6,3	7,0	7,8	7,0	7,5	7,1	7,0	7,0	8,1	7,9
3,	3,5 m	-	-	5,7	5,3	5,9	6,7	7,0	7,4	7,0	7,5	7,2	7,0	7,0	8,1	8,0
	6,5 m	-	-	-	5,5	5,9	6,6	7,0	7,1	7,0	7,5	7,0	7,0	7,0	8,1	8,0
	9,5 m	-	-	-	5,4	5,8	6,6	7,0	7,1	7,0	7,2	7,0	7,0	7,0	7,9	7,8
	12,5 m	-	-	-	5,6	5,9	7,0	7,0	7,0	7,0	7,1	7,0	7,0	7,1	7,5	7,3
Opgel.O <sub>2</sub>	0,5 m mg/l	3,45	5,44	4,35	1,79	0,97	0,69	0,85	1,08	0,68	0,81	0,98	1,12	2,45	4,61	5,52
	3,5 m	5,90	-	4,29	1,40	0,78	0,56	0,56	0,93	0,49	0,62	0,81	1,00	2,36	4,70	5,49
	6,5 m	-	-	-	1,30	0,71	0,48	0,29	0,66	0,38	0,59	0,76	1,00	2,36	4,75	5,46
	9,5 m	-	-	-	1,28	0,57	0,43	0,20	0,40	0,23	0,55	0,88	1,13	3,07	4,96	5,36
	12,5 m	-	-	-	1,40	0,53	0,19	0,11	0,12	0,13	1,24	1,43	2,43	4,45	5,26	5,66
Geleidb.	0,5 m µS/cm	958	971	983	1060	1095	1196	1284	1357	1557	1615	1770	1878	2240	2860	3180
	3,5 m	-	-	986	1060	1100	1200	1296	1344	1563	1640	1798	1885	2230	2930	3180
	6,5 m	-	-	-	1064	1097	1203	1374	1404	1576	1645	1837	1940	2370	2990	3250
	9,5 m	-	-	-	1065	1110	1209	1511	1520	1635	1720	1984	2020	2990	3540	3570
	12,5 m	-	-	-	1070	1130	1377	1667	1706	1817	2430	2490	3130	4450	5600	6300
pH	0,5 m	7,67	7,60	7,49	7,43	7,34	7,06	7,27	7,03	7,33	7,32	7,35	7,35	7,37	7,39	7,48
	3,5 m	-	-	7,52	7,43	7,29	7,14	7,27	7,07	7,27	7,28	7,35	7,33	7,31	7,38	7,43
	6,5 m	-	-	-	7,44	7,24	7,13	7,32	7,24	7,29	7,34	7,33	7,32	7,32	7,38	7,44
	9,5 m	-	-	-	7,35	7,12	7,20	7,21	7,31	7,33	7,35	7,36	7,39	7,32	7,36	7,34
	12,5 m	-	-	-	7,42	6,99	7,07	7,14	7,25	7,36	7,27	7,37	7,36	7,36	7,38	7,38
rH	0,5 m	24,7	25,4	25,8	25,9	25,4	24,4	25,1	24,9	25,1	24,5	24,8	24,8	24,7	24,9	25,1
	3,5 m	-	-	26,0	25,8	25,3	25,0	25,2	24,9	25,0	24,7	25,0	24,8	24,5	24,7	24,9
	6,5 m	-	-	-	25,7	25,2	24,9	25,2	25,3	25,1	24,9	24,8	24,8	24,6	24,6	24,7
	9,5 m	-	-	-	25,6	24,8	25,2	24,8	25,1	25,2	25,0	24,9	24,8	24,6	24,6	24,7
	12,5 m	-	-	-	25,8	24,3	24,6	24,6	24,8	25,0	24,7	24,8	24,5	24,4	24,4	24,3
Cl <sup>-</sup>	0,5 m mg/l	65	68	69	92	110	138	175	207	265	278	335	378	506	737	824
	3,5 m	-	-	69	94	108	144	180	197	268	292	340	377	510	735	839
	6,5 m	-	-	-	95	109	140	200	215	272	292	353	390	557	779	866
	9,5 m	-	-	-	96	109	147	244	250	292	305	400	440	705	920	916
	12,5 m	-	-	-	93	111	193	283	312	358	570	572	800	1306	1638	1980
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0,5 m mg/l	141	151	155	174	183	202	197	197	199	206	214	221	234	259	279
	3,5 m	-	-	157	175	186	200	199	197	201	208	214	221	234	263	279
	6,5 m	-	-	-	176	186	199	197	197	201	206	214	221	234	281	284
	9,5 m	-	-	-	175	197	201	204	201	205	210	220	227	260	271	289
	12,5 m	-	-	-	176	219	202	209	205	213	243	247	273	339	378	450
COD	0,5 m mgO <sub>2</sub> /l	54,4	46,2	46,9	47,9	48,3	50,4	55,1	60,8	47,6	49,7	58,3	55,1	48,3	57,2	55,5
	6,5 m	-	-	-	51,2	-	52,2	-	55,1	-	57,6	-	43,3	38,6	39,4	40,8
	12,5 m	-	-	-	48,7	-	52,2	-	57,2	-	61,5	-	34,0	35,8	48,7	47,9
BOD	0,5 m mgO <sub>2</sub> /l	9,5	8,2	6,8	5,7	5,1	5,1	5,7	6,5	5,4	6,7	6,4	7,1	4,7	7,5	6,1
	6,5 m	-	-	-	6,0	-	5,7	-	5,1	-	5,7	-	5,7	4,2	5,2	6,7
	12,5 m	-	-	-	5,7	-	5,9	-	5,2	-	5,9	-	4,4	4,4	3,9	6,1
TH	0,5 m °F	42,5	42,6	42,3	42,6	41,7	42,2	42,8	43,7	45,7	45,9	47,8	48,7	52,6	59,0	62,2
	6,5 m	-	-	-	42,4	-	42,4	-	44,1	-	46,3	-	49,0	54,1	60,4	62,9
	12,5 m	-	-	-	42,6	-	43,5	-	46,8	-	54,5	-	61,7	76,5	87,1	99,0
Ca	0,5 m mg/l	146	147	147	148	140	138	137	138	141	141	139	140	141	141	140
	6,5 m	-	-	-	147	-	138	-	140	-	141	-	141	141	142	144
	12,5 m	-	-	-	148	-	139	-	142	-	139	-	144	149	155	158
Mg	0,5 m mg/l	14,8	14,3	13,5	13,9	16,1	18,8	20,7	22,6	25,4	25,8	32,0	33,4	42,4	50,0	66,0
	6,5 m	-	-	-	13,8	-	19,1	-	22,0	-	26,8	-	33,9	45,9	60,9	65,9
	12,5 m	-	-	-	13,9	-	21,4	-	27,7	-	48,4	-	62,5	95,4	118	145

Tweede prospectie : 03.02.82

	Eenh.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Monsternametijd	uur	17.25	09.20	09.35	09.55	10.30	10.45	11.05	12.15	12.30	12.55	13.10	13.25	14.00	14.35	14.55
Temp.	0,5 m °C	14,0	13,0	12,8	12,8	12,9	13,2	14,1	14,0	14,2	14,9	13,9	13,9	13,7	15,7	14,5
	3,5 m	-	13,0	12,8	12,8	12,7	13,1	13,8	14,0	14,1	14,5	13,5	13,9	13,4	15,7	14,2
	6,5 m	-	-	13,0	13,0	12,8	13,0	13,7	14,0	14,0	14,1	13,2	13,8	13,3	15,0	14,2
	9,5 m	-	-	-	13,0	12,9	13,0	13,3	13,5	13,9	14,0	13,5	13,8	13,2	14,8	14,0
	12,5 m	-	-	-	13,0	13,0	13,1	13,5	13,3	13,8	13,9	13,5	13,8	13,2	14,1	13,5
Opgel.O <sub>2</sub>	0,5 m mg/l	4,50	4,65	2,09	1,22	1,40	1,17	2,40	3,50	3,00	2,90	3,12	3,35	4,33	4,21	4,90
	3,5 m	-	4,88	1,47	1,06	1,26	1,10	2,00	3,20	2,65	2,70	2,95	2,96	4,15	4,37	5,05
	6,5 m	-	-	0,57	0,48	0,90	0,89	1,60	2,50	2,32	2,54	2,88	2,81	4,07	4,21	5,07
	9,5 m	-	-	-	0,23	0,33	0,57	1,25	1,70	1,90	2,34	1,59	2,56	3,87	4,27	5,12
	12,5 m	-	-	-	0,30	0,23	0,32	0,50	1,07	0,84	1,35	1,87	2,09	3,68	3,98	4,95
Geleidb.	0,5 m µS/cm	1048	1063	1120	1730	1980	1970	1990	2010	1970	1910	2130	2440	2730	2720	3200
	3,5 m	-	1059	1160	1740	2030	1990	1980	2040	2000	1920	2100	2330	2750	2710	2950
	6,5 m	-	-	2300	2450	2230	2040	2170	2180	2030	1920	2100	2340	2710	2770	3010
	9,5 m	-	-	-	2870	2920	2510	2300	2800	2220	1950	2240	2360	2910	3290	3520
	12,5 m	-	-	-	3680	3900	3700	4120	3470	3220	2330	2580	2920	4100	4520	5430
pH	0,5 m	7,51	7,61	7,51	7,55	7,60	7,44	7,52	7,50	7,50	7,42	7,54	7,51	7,55	7,60	7,59
	3,5 m	-	7,55	7,51	7,53	7,55	7,39	7,45	7,49	7,50	7,47	7,49	7,40	7,56	7,59	7,60
	6,5 m	-	-	7,40	7,51	7,50	7,37	7,43	7,47	7,49	7,48	7,47	7,40	7,55	7,58	7,60
	9,5 m	-	-	-	7,48	7,34	7,37	7,43	7,32	7,45	7,43	7,49	7,48	7,54	7,59	7,60
	12,5 m	-	-	-	7,39	7,30	7,31	7,38	7,35	7,44	7,50	7,48	7,45	7,54	7,56	7,56
rH	0,5 m	26,7	25,6	25,2	23,7	23,3	23,4	23,8	23,7	23,4	23,7	23,9	23,8	24,3	24,5	24,7
	3,5 m	-	25,2	24,8	23,8	23,3	23,2	23,7	23,8	23,6	23,7	23,7	23,5	24,3	24,5	24,6
	6,5 m	-	-	23,6	23,5	23,2	23,2	23,7	23,9	23,6	23,8	23,7	23,6	24,2	24,5	24,6
	9,5 m	-	-	-	23,4	22,6	22,8	23,4	23,4	23,6	23,8	23,7	23,9	24,2	24,4	24,6
	12,5 m	-	-	-	22,8	22,3	22,5	23,2	23,3	23,6	23,9	23,7	23,9	24,2	24,2	24,3
Cl <sup>-</sup>	0,5 m mg/l	84	79	90	322	412	439	425	486	499	561	597	649	798	967	1035
	3,5 m	-	79	115	328	441	432	421	473	503	572	618	655	807	974	1039
	6,5 m	-	-	524	566	440	462	478	447	543	569	643	655	807	1013	1039
	9,5 m	-	-	-	716	680	598	694	685	609	605	669	659	835	1185	1249
	12,5 m	-	-	-	1008	1062	1036	1134	938	795	763	802	850	1242	1990	2370
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0,5 m mg/l	154	165	182	216	230	254	238	243	245	254	262	264	290	310	329
	3,5 m	-	156	179	208	230	237	231	233	243	257	257	265	283	301	327
	6,5 m	-	-	235	260	233	248	238	247	250	259	257	269	289	321	325
	9,5 m	-	-	-	265	269	257	270	269	257	257	265	264	289	344	351
	12,5 m	-	-	-	327	323	314	322	307	290	282	285	291	347	445	494
COD	0,5 m mgO <sub>2</sub> /l	70,2	66,3	65,6	54,2	43,9	44,7	52,4	41,8	41,8	43,6	52,4	59,9	43,2	43,9	44,7
	6,5 m	-	-	-	47,8	-	45,7	-	42,9	-	40,4	-	55,3	45,4	45,4	46,4
	12,5 m	-	-	-	43,6	-	45,4	-	42,5	-	31,5	-	43,6	44,7	41,5	46,7
BOD	0,5 m mgO <sub>2</sub> /l	10,3	-	11,4	9,1	6,0	6,8	7,1	5,1	4,2	7,2	4,6	3,5	3,8	3,2	2,4
	6,5 m	-	-	-	7,0	-	8,5	-	4,6	-	5,1	-	3,0	3,1	2,9	2,9
	12,5 m	-	-	-	4,6	-	3,2	-	3,4	-	5,3	-	3,9	3,8	2,2	2,1
TH	0,5 m °F	39,4	-	40,2	47,8	50,6	52,2	52,0	53,2	53,8	56,4	58,2	58,6	63,9	69,1	72,6
	6,5 m	-	-	-	54,8	-	52,5	-	54,9	-	56,0	-	59,3	63,4	71,8	73,4
	12,5 m	-	-	-	70,0	-	70,4	-	68,9	-	62,6	-	66,7	72,2	102,3	115,6
Ca	0,5 m mg/l	134	-	136	141	143	144	144	145	146	147	146	147	151	151	154
	6,5 m	-	-	-	144	-	145	-	146	-	146	-	149	150	153	154
	12,5 m	-	-	-	153	-	153	-	152	-	148	-	153	154	166	172
Mg	0,5 m mg/l	14,5	-	15,3	30,7	36,5	39,6	38,8	41,2	42,5	48,2	52,6	53,4	64,0	76,2	83,1
	6,5 m	-	-	-	45,6	-	39,9	-	45,3	-	47,4	-	53,9	63,4	81,9	84,7
	12,5 m	-	-	-	77,3	-	78,2	-	75,2	-	62,4	-	69,2	81,7	148	177

Derde prospectie : 05.05.82

	Eenh.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Monsternametijd	uur	16.45	09.15	09.30	09.50	10.15	10.35	11.00	11.20	11.45	12.00	12.25	12.40	13.20	14.00	14.25
Temp.	°C	23,8	23,5	23,2	23,3	24,8	24,0	24,1	24,1	24,8	25,0	25,0	25,3	25,5	26,5	26,5
0,5 m		-	24,5	23,3	23,3	24,1	24,0	24,1	24,0	24,5	24,9	25,0	25,0	25,2	26,2	26,1
3,5 m		-	-	23,1	23,2	23,8	23,9	24,0	24,0	24,2	24,5	24,8	24,7	25,0	26,0	25,7
6,5 m		-	-	-	23,1	23,7	23,7	23,1	23,9	24,0	24,1	24,4	24,2	24,8	25,4	25,3
9,5 m		-	-	-	23,1	23,6	23,6	23,8	23,8	24,0	24,0	24,2	24,0	24,3	24,8	24,3
12,5 m		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Opge1.O <sub>2</sub>	mg/l	2,28	1,66	0,47	0,45	1,41	1,18	1,45	1,62	3,22	1,39	1,63	1,77	1,46	2,45	2,48
0,5 m		-	1,38	0,25	0,30	0,64	1,01	1,02	1,10	1,30	1,24	1,45	1,10	1,11	2,26	2,36
3,5 m		-	-	0,23	0,17	0,22	0,23	0,52	0,54	0,35	0,56	0,76	0,60	1,10	2,10	2,30
6,5 m		-	-	-	0,14	0,14	0,15	0,20	0,21	0,19	0,41	0,49	0,60	1,07	2,04	2,38
9,5 m		-	-	-	0,13	0,17	0,13	0,15	0,19	0,14	0,22	0,45	0,52	1,05	1,74	2,73
12,5 m		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Geleidb.	µS/cm	1020	960	1044	1760	2320	2560	2640	2230	2800	3000	3190	3170	4050	5330	5440
0,5 m		-	1014	1030	1900	2430	2570	2740	2820	2860	3060	3300	3450	4280	5480	5580
3,5 m		-	-	1910	2410	2720	3000	3330	3220	3420	3720	3820	3690	4720	6090	5780
6,5 m		-	-	-	2500	3210	3800	3910	4200	4500	4600	5570	5390	6310	6600	7000
9,5 m		-	-	-	3150	4420	4760	4710	5390	5490	5840	6200	6720	8160	10470	16050
12,5 m		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
pH		7,75	7,66	7,69	7,63	7,61	7,45	7,54	7,50	7,54	7,52	7,52	7,50	7,49	7,53	7,52
0,5 m		-	7,66	7,65	7,60	7,54	7,39	7,45	7,45	7,49	7,49	7,50	7,45	7,47	7,48	7,52
3,5 m		-	-	7,55	7,52	7,48	7,43	7,44	7,45	7,46	7,45	7,40	7,44	7,49	7,51	7,54
6,5 m		-	-	-	7,52	7,40	7,43	7,41	7,42	7,41	7,44	7,29	7,40	7,44	7,51	7,52
9,5 m		-	-	-	7,45	7,40	7,44	7,42	7,41	7,42	7,43	7,35	7,45	7,47	7,49	7,51
12,5 m		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
rH		27,2	26,2	27,3	25,5	25,9	25,5	25,7	25,6	25,9	25,0	25,7	25,6	25,3	25,4	25,5
0,5 m		-	26,6	27,3	26,0	25,9	25,6	25,8	25,6	25,9	25,2	25,3	25,6	25,4	25,4	25,5
3,5 m		-	-	26,4	26,0	25,8	25,6	25,7	25,7	25,8	25,3	25,5	25,5	25,4	25,5	25,5
6,5 m		-	-	-	26,0	25,4	25,5	25,4	25,4	25,5	25,3	25,1	25,4	25,2	25,4	25,4
9,5 m		-	-	-	25,6	25,0	25,3	25,2	25,1	25,2	25,2	25,1	25,2	25,1	25,1	25,0
12,5 m		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cl <sup>-</sup>	mg/l	98	90	95	307	521	604	588	658	702	797	872	885	1200	1680	1700
0,5 m		-	90	94	339	577	656	683	700	729	829	874	966	1260	1720	1760
3,5 m		-	-	379	548	667	771	841	870	958	1030	1110	1040	1450	1980	1880
6,5 m		-	-	-	584	853	918	1080	1170	1350	1270	1800	1660	2040	2190	2310
9,5 m		-	-	-	821	1310	1205	1390	1650	1670	1840	2050	2190	2760	3700	6060
12,5 m		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
so <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	mg/l	117	128	125	173	219	245	257	264	266	287	297	299	343	399	416
0,5 m		-	126	122	181	228	255	262	270	271	292	297	312	354	411	424
3,5 m		-	-	182	222	254	273	290	291	298	320	331	330	383	435	424
6,5 m		-	-	-	234	286	299	326	340	365	360	428	407	448	470	490
9,5 m		-	-	-	277	350	339	375	393	406	428	458	475	548	669	940
12,5 m		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
COD	mgO <sub>2</sub> /l	71,2	66,3	71,2	62,2	51,7	40,4	33,3	37,8	32,6	33,0	30,3	36,0	30,7	31,1	29,6
0,5 m		-	-	-	48,3	-	33,7	-	30,3	-	31,1	-	34,5	30,3	25,5	46,4
6,5 m		-	-	-	50,6	-	49,8	-	37,5	-	36,3	-	32,6	36,0	32,2	47,9
12,5 m		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BOD	mgO <sub>2</sub> /l	11,9	-	10,6	8,7	6,7	6,4	7,0	6,1	4,3	3,5	3,4	3,4	2,1	2,1	1,3
0,5 m		-	-	-	6,3	-	4,6	-	5,9	-	2,9	-	2,4	1,8	2,0	1,5
6,5 m		-	-	-	4,9	-	3,5	-	1,9	-	2,0	-	2,0	2,0	1,4	1,7
12,5 m		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NH <sub>3</sub> -N	mg/l	9,27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,5 m		-	-	9,94	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3,5 m		-	-	-	11,21	10,97	10,63	10,16	10,27	10,39	10,23	10,08	10,15	9,78	9,08	9,31
6,5 m		-	-	-	43,11	50,65	53,13	54,87	55,14	56,62	61,10	61,91	62,31	72,86	85,63	88,64
9,5 m		-	-	-	51,05	-	57,89	-	61,84	-	67,54	-	67,86	79,60	94,57	93,06
12,5 m		-	-	-	59,56	-	72,68	-	87,74	-	94,07	-	104,3	121,6	151,2	223,1
Ca	mg/l	121	-	122	134	134	138	135	138	136	137	139	140	141	158	151
0,5 m		-	-	-	138	-	141	-	138	-	141	-	141	147	166	154
6,5 m		-	-	-	140	-	147	-	150	-	153	-	159	167	183	219
12,5 m		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mg	mg/l	12,1	-	12,9	23,7	41,8	45,6	51,4	50,1	55,0	65,5	66,0	66,5	91,4	113	124
0,5 m		-	-	-	40,7	-	55,2	-	66,6	-	78,7	-	79,3	104	129	133
6,5 m		-	-	-	60,0	-	87,3	-	122	-	136	-	157	195	256	410
12,5 m		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cd	mg/l	<0,001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,5 m		-	-	0,002	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3,5 m		-	-	-	0,001	0,002	0,002	0,001	0,001	<0,001	0,003	0,002	0,003	0,002	0,002	0,003
6,5 m		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12,5 m		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cu	mg/l	0,020	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,5 m		-	-	0,019	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3,5 m		-	-	-	0,021	0,018	0,016	0,012	0,014	0,020	0,018	0,016	0,017	0,016	0,022	0,017
6,5 m		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12,5 m		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Zn	mg/l	0,175	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,5 m		-	-	0,196	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3,5 m		-	-	-	0,086	0,138	0,172	0,194	0,198	0,181	0,433	0,246	0,366	0,220	0,368	0,427
6,5 m		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12,5 m		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pb	mg/l	0,115	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,5 m		-	-	0,108	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3,5 m		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6,5 m		-	-	-	0,116	0,117	0,114	0,125	0,127	0,129	0,131	0,128	0,132	0,139	0,134	0,150

Vierde prospectie : 03.08.82

	Eenh.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Monsternametijd	uur	15.50	09.30	09.45	10.15	10.40	11.05	11.25	11.45	12.05	12.30	13.15	13.45
Temp.	0,5 m °C	9,0	8,8	9,8	9,0	10,0	10,0	10,1	10,2	10,2	10,5	11,0	10,5
	3,5 m	-	9,8	9,0	9,2	9,9	9,9	10,2	10,6	10,2	10,9	10,9	10,5
	6,5 m	-	-	9,2	9,5	10,0	10,0	10,3	10,6	10,4	10,9	10,5	10,5
	9,5 m	-	-	-	10,0	10,0	10,2	10,5	10,3	10,6	10,9	10,5	10,4
	12,5 m	-	-	-	10,0	10,2	10,4	10,6	10,5	10,7	10,9	10,5	10,5
Opge1.O <sub>2</sub>	0,5 m mg/l	1,16	2,75	1,60	0,75	0,57	0,75	0,64	0,60	0,58	0,53	0,79	0,78
	3,5 m	-	2,78	1,17	0,38	0,37	0,40	0,32	0,20	0,25	0,40	0,45	0,48
	6,5 m	-	-	0,50	6,18	0,18	0,28	0,15	0,08	0,12	0,35	0,21	0,40
	9,5 m	-	-	-	0,05	0,07	0,08	0,06	0,03	0,02	0,02	0,05	0,22
	12,5 m	-	-	-	0,03	0,05	0,03	0,02	0,01	0	0	0	0
Geleidb.	0,5 m µS/cm	1090	1072	1194	2270	2875	3510	3870	4100	4480	4300	4380	4540
	3,5 m	-	1087	1274	2480	3470	3600	3900	4120	4470	4350	4660	4590
	6,5 m	-	-	2750	3370	3660	3750	4160	4280	4530	4380	4980	4670
	9,5 m	-	-	-	3985	4400	4920	6050	4950	6130	6110	6250	5720
	12,5 m	-	-	-	4620	6220	6710	6400	6930	7300	7340	8020	7630
pH	0,5 m	7,96	7,51	7,55	7,64	7,52	7,47	7,47	7,37	7,43	7,48	7,43	7,43
	3,5 m	-	7,50	7,54	7,54	7,45	7,31	7,31	7,27	7,29	7,37	7,27	7,27
	6,5 m	-	-	7,42	7,50	7,47	7,32	7,41	7,47	7,25	7,34	7,36	7,38
	9,5 m	-	-	-	7,32	7,36	7,32	7,42	7,41	7,31	7,44	7,32	7,36
	12,5 m	-	-	-	7,32	7,37	7,15	7,36	7,41	7,35	7,37	7,33	7,30
rH	0,5 m	22,7	25,4	25,8	24,6	23,7	23,7	23,6	23,4	23,6	23,4	23,1	22,7
	3,5 m	-	25,8	25,7	24,2	23,7	23,5	23,4	23,3	23,1	23,0	22,7	22,0
	6,5 m	-	-	23,5	23,5	23,7	23,6	23,5	23,5	23,2	22,7	22,6	22,4
	9,5 m	-	-	-	23,4	23,5	23,2	23,2	23,3	22,9	23,0	22,4	22,3
	12,5 m	-	-	-	23,3	23,3	22,9	23,1	23,5	22,7	22,6	22,4	20,1
Cl <sup>-</sup>	0,5 m mg/l	108	111	139	645	881	942	1085	1157	1270	1229	1249	1260
	3,5 m	-	108	162	686	942	973	1106	1137	1229	1229	1321	1311
	6,5 m	-	-	604	963	983	1034	1229	1229	1290	1239	1413	1331
	9,5 m	-	-	-	1198	1219	1413	1475	1362	1792	1802	1997	1700
	12,5 m	-	-	-	1382	1700	2038	1874	1946	2279	2120	2417	2222
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0,5 m mg/l	142	154	166	236	276	279	290	299	329	321	268	340
	3,5 m	-	154	170	255	280	286	299	305	319	314	331	339
	6,5 m	-	-	242	277	283	300	305	309	328	313	331	342
	9,5 m	-	-	-	313	312	331	362	324	411	420	431	405
	12,5 m	-	-	-	327	400	458	425	408	477	455	508	471
COD	0,5 m mgO <sub>2</sub> /l	42,4	-	46,8	49,4	44,6	50,5	53,0	50,1	53,7	53,0	51,2	49,0
	6,5 m	-	-	-	55,6	-	49,4	-	24,1	-	58,1	-	55,9
	12,5 m	-	-	-	46,1	-	55,9	-	39,1	-	45,7	-	57,8
BOD	0,5 m mgO <sub>2</sub> /l	9,8	-	8,4	7,7	5,7	5,3	7,7	6,5	4,9	4,3	4,9	4,1
	6,5 m	-	-	-	5,6	-	5,6	-	5,6	-	4,3	-	3,8
	12,5 m	-	-	-	4,6	-	5,3	-	6,0	-	3,6	-	3,2
TH	0,5 m °F	41,9	-	41,8	54,3	66,1	67,2	70,6	73,8	78,0	76,2	76,6	78,0
	6,5 m	-	-	-	66,4	-	69,9	-	75,8	-	77,4	-	80,0
	12,5 m	-	-	-	80,2	-	102,5	-	99,3	-	105,1	-	108,0
Ca	0,5 m mg/l	135	-	132	130	138	139	141	138	142	142	142	142
	6,5 m	-	-	-	137	-	140	-	140	-	142	-	143
	12,5 m	-	-	-	142	-	151	-	150	-	151	-	154
Mg	0,5 m mg/l	15,4	-	17,5	45,2	65,4	68,5	75,2	85,7	93,1	90,5	91,0	93,6
	6,5 m	-	-	-	68,0	-	74,6	-	87,8	-	100,2	-	98,4
	12,5 m	-	-	-	100,5	-	141,9	-	134,5	-	149,3	-	161,9

Vijfde prospectie : 08.12.82

	Eenh.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Monsternametijd	uur	16.55	08.55	09.10	09.25	09.55	10.20	10.45	11.05	11.30	11.55	12.20	12.35	13.15	13.55	14.15
Temp.	0,5 m °C	6,5	6,7	6,7	5,6	6,1	7,0	7,0	7,1	6,9	7,7	7,8	8,0	7,4	8,5	8,0
	3,5 m	-	6,5	6,7	5,6	6,0	7,0	7,0	7,5	7,0	8,0	7,9	8,0	7,6	9,0	8,1
	6,5 m	-	-	6,7	5,6	6,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,8	8,0	8,0	7,7	9,0	7,9
	9,5 m	-	-	-	5,8	6,0	7,0	7,1	7,1	7,1	7,8	8,0	7,5	7,0	8,9	7,8
	12,5 m	-	-	-	5,9	6,0	7,0	7,1	7,5	7,5	7,9	7,9	7,7	7,8	8,0	7,7
Opgel.O <sub>2</sub>	0,5 m mg/l	5,75	6,86	7,25	3,40	2,55	2,06	1,33	1,65	2,81	1,56	1,85	1,97	5,54	7,75	7,31
	3,5 m	-	6,60	6,85	3,03	2,26	1,70	0,99	1,51	2,45	1,36	1,65	1,83	5,12	7,47	7,05
	6,5 m	-	-	6,76	2,89	2,04	1,53	0,59	1,40	1,75	1,17	1,59	1,71	4,90	6,95	6,93
	9,5 m	-	-	-	1,97	1,88	1,47	0,30	1,27	0,90	0,98	1,55	1,73	4,77	6,99	6,93
	12,5 m	-	-	-	1,06	1,90	1,50	0,15	0,49	0,33	0,97	1,53	1,77	4,80	6,93	7,23
Geleidb.	0,5 m µS/cm	813	842	800	1237	1628	1618	1736	1953	1925	2270	2430	2540	2940	3710	4080
	3,5 m	-	838	810	1240	1639	1637	1723	1964	1934	2270	2440	2530	2950	3700	4150
	6,5 m	-	-	810	1235	1630	1632	1851	1953	2000	2290	2450	2540	2960	3990	4310
	9,5 m	-	-	-	1397	1634	1651	1914	1985	2270	2350	2460	2550	3040	4430	4480
	12,5 m	-	-	-	1530	1618	1673	1962	2590	2440	2450	2480	2580	4310	5540	5860
pH	0,5 m	7,28	7,27	7,45	7,47	7,45	7,38	7,32	7,38	7,38	7,42	7,39	7,36	7,34	7,40	7,50
	3,5 m	-	7,26	7,45	7,52	7,46	7,33	7,34	7,40	7,39	7,32	7,37	7,34	7,38	7,37	7,46
	6,5 m	-	-	7,46	7,53	7,47	7,33	7,32	7,38	7,40	7,30	7,36	7,24	7,39	7,39	7,47
	9,5 m	-	-	-	7,51	7,46	7,29	7,34	7,39	7,33	7,30	7,35	7,25	7,39	7,42	7,46
	12,5 m	-	-	-	7,50	7,40	7,28	7,34	7,37	7,29	7,31	7,34	7,24	7,38	7,45	7,46
rH	0,5 m	22,3	25,0	25,6	24,9	24,3	24,2	23,9	23,9	23,5	23,2	23,3	23,1	22,6	22,5	22,0
	3,5 m	-	25,6	25,9	25,4	25,0	24,8	24,7	24,7	24,6	24,3	24,1	24,3	24,0	24,2	23,8
	6,5 m	-	-	24,8	24,5	23,8	23,2	22,7	22,6	22,1	21,2	21,1	22,0	20,5	20,4	20,5
	9,5 m	-	-	-	25,3	25,0	24,1	24,6	24,5	24,2	24,0	23,9	23,8	23,7	24,0	23,8
	12,5 m	-	-	-	24,9	24,9	24,4	24,5	24,0	23,8	23,7	23,7	23,6	23,5	23,5	23,9
Cl <sup>-</sup>	0,5 m mg/l	72,0	73,6	72,0	196	336	331	368	427	432	557	613	640	816	1080	1220
	3,5 m	-	74,4	72,0	198	336	336	368	445	438	552	616	643	820	1076	1248
	6,5 m	-	-	72,0	200	331	336	408	440	459	558	616	648	820	1192	1308
	9,5 m	-	-	-	246	332	342	427	451	555	581	618	651	844	1342	1364
	12,5 m	-	-	-	298	326	349	443	671	616	613	630	662	1312	1820	1960
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0,5 m mg/l	126	139	127	168	192	206	204	208	210	225	235	244	241	262	286
	3,5 m	-	131	132	169	197	206	200	213	213	229	238	240	240	271	294
	6,5 m	-	-	133	176	197	208	213	217	215	228	234	234	244	288	300
	9,5 m	-	-	-	184	195	213	213	215	234	234	237	242	247	291	306
	12,5 m	-	-	-	185	197	218	215	243	243	235	240	228	291	346	362
COD	0,5 m mgO <sub>2</sub> /l	58	-	46	71	45	54	48	49	53	48	60	65	62	68	63
	6,5 m	-	-	-	48	-	64	-	49	-	57	-	48	71	67	69
	12,5 m	-	-	-	55	-	47	-	63	-	56	-	48	77	68	60
BOD	0,5 m mgO <sub>2</sub> /l	6,5	-	5,3	5,7	3,3	7,5	4,7	3,1	3,6	3,0	3,3	3,1	2,6	2,4	2,2
	6,5 m	-	-	-	4,7	-	6,5	-	3,3	-	3,1	-	3,9	2,6	1,7	1,7
	12,5 m	-	-	-	5,7	-	4,8	-	3,0	-	3,6	-	4,5	4,0	1,6	1,4
rH	0,5 m °F	36,1	-	33,9	40,4	45,4	44,8	46,2	49,0	48,3	53,1	55,2	56,0	60,6	69,8	73,2
	6,5 m	-	-	-	40,5	-	45,2	-	48,7	-	52,9	-	56,2	60,7	72,4	75,5
	12,5 m	-	-	-	44,5	-	47,1	-	57,3	-	56,8	-	56,1	75,6	100	93,2
Ca	0,5 m mg/l	112	-	106	119	115	125	116	121	132	117	136	136	139	142	146
	6,5 m	-	-	-	120	-	122	-	132	-	130	-	135	138	143	144
	12,5 m	-	-	-	123	-	125	-	131	-	137	-	135	145	150	152
Mg	0,5 m mg/l	19,1	-	14,1	20,9	30,9	28,8	33,2	35,9	35,9	43,1	47,3	47,7	58,4	75,3	84,2
	6,5 m	-	-	-	21,1	-	31,1	-	36,5	-	43,8	-	48,7	58,2	83,0	90,7
	12,5 m	-	-	-	27,0	-	32,1	-	51,4	-	47,7	-	48,8	90,3	125,1	131,3

Zesde prospektie : 09.02.83

Tabel 24 : Analyseresultaten van de kwaliteit van het oppervlaktewater van het kanaal (BECEWA).

## HOOFDSTUK IX

INTERPRETATIE VAN DE GEGEVENS1. Inleiding1.1. Herkomst van de gegevens

In deze studie werden zoveel mogelijk gegevens samengebracht over de waterkwaliteit en het debiet van het kanaal Gent-Terneuzen en van de erop aansluitende waterlopen. Neerslaggegevens werden eveneens verzameld. De gegevens zijn afkomstig van studies die uitgevoerd werden door het BECEWA, door openbare diensten en door industrieën gevestigd in de kanaalzone. De rapporten waaruit de gegevens ontleend werden worden hierna vermeld.

1.1.1. BECEWA (Centrum voor de Studie van Water, Bodem en Lucht)

- Studie van de Gentse waterlopen (1961).
- Etude du Canal Gent-Terneuzen (1967).
- Bezoedelingstoestand van de Leie in het riviervak Astene-Gent (1968).
- De kwaliteit van het water van het kanaal Gent-Terneuzen en van de verschillende dokken (1970).
- Studie der voedingswaters van het kanaal Gent-Terneuzen (1972).
- Vooronderzoek omtrent de kunstmatige reaëratie van de Gentse waterlopen (1972).
- Oxygenatiekapaciteit van de Tolhuisstuw en de oppervlaktebeluchters, opgesteld in het kanaal Gent-Terneuzen (1981).
- Oppervlaktewaterstudie van het kanaal Gent-Terneuzen (1983).



## 1.1.2. Openbare diensten

- Instituut voor Hygiëne en Epidemiologie :
  - . Kwaliteitsoverzicht van een aantal Belgische oppervlaktewateren (jaarlijkse rapporten van 1975 t/m 1981).
  - . De verontreiniging van het : - Moervaart-bekken (1976).  
- kanaal Gent-Terneuzen (1976).
- Provinciale Dienst voor de Bescherming van het Leefmilieu :
  - . Studie betreffende de kwaliteit van het water van de Zuidlede (1979).
- Laboratorium voor Anorganische Technische Chemie (R.U.G.) :
  - . Studie over de samenstelling van het water in het kanaal Gent-Terneuzen :  
Deel I en II (1972).  
Deel III en IV (1974).
- Stadsbedrijven E.G.W., Gent :
  - . Analyseresultaten van het water van het Handelsdok van 1960 tot 1982.
- Stad Gent :
  - . Evaluatie van de waterkwaliteit in de Gentse binnenstad (1981).
- Openbare Werken (België) en Rijkswaterstaat (Nederland) :
  - . Gemeenschappelijke verslagen van wateranalysen van het kanaal Gent-Terneuzen, genomen aan de grens België-Nederland.
- Rijkswaterstaat (afdeling Zeeland) :
  - . Analyses in het "Referentiepunt" (1947 tot 1983).
  - . Kwaliteitsonderzoek in de Rijkswateren (driemaandelijke rapporten van 1972 t/m 1982).

- . Maandelijkse metingen van het zoutgehalte in het kanaal Gent-Terneuzen (van 1973 t/m 1982).

### 1.1.3. Industrieën

- Sidmar : Studie waterbeheer (1980).
- PCUK Belgium : Analysen van kanaalwater van 1951 tot 1979.
- N.V. Belgische Papierfabrieken : Wateranalysen van het kanaal Gent-Terneuzen en van de Kale.
- Ebes Langerbrugge : Analysen van kanaalwater van 1969 tot 1982.
- Ebes Rodenhuijze : Analysen van kanaalwater.
- N.V. Sopar : Analysen van kanaalwater van 1973 tot 1982.
- NL Chemicals : Analysen van kanaalwater van 1976 tot 1982.
- Belgian Shell : Analysen van kanaalwater van 1972 tot 1973 en van 1977 tot 1979.

### 1.2. Verwerking van de gegevens

De gegevens van 23.226 staalnamen werden bijeengebracht. 21.928 staalnamen werden uitgevoerd op het kanaal Gent-Terneuzen en de overige op de erop aansluitende waterlopen en de Westerschelde. Het aantal analysen per parameter en per waterloop en het aantal staalnamen per waterloop werd opgenomen in tabel 25. Hieruit blijkt o.a. dat het chloridegehalte veruit de meest voorkomende parameter is. Deze vormt dan ook het onderwerp van een belangrijk deel van deze studie.

Alle analyseresultaten werden ingevoerd in de Siemens computer, model 7755, van het Centraal Digitaal Rekencentrum van de Rijksuniversiteit te Gent. Voor

elke analyse werden ook nog de volgende gegevens opgenomen : een code voor de waterloop, de Lambert coördinaten van de staalnameplaats, een code voor het rapport waaruit de analyse afkomstig was, de datum van staalname en de diepte onder het wateroppervlak waarop het staal genomen werd.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Temperatuur	3324	42	78	23	6	7	40	11	8	18	42	102	274
O <sub>2</sub>	2041	43	83	23	6	7	38	11	8	18	42	99	278
Geleidbaarheid	1895	38	43	11	6	0	0	0	0	10	34	284	10
pH	3826	43	75	23	6	7	449	11	8	18	42	306	280
Cl <sup>-</sup>	20093	39	22	5	6	0	447	0	0	10	34	282	280
COD	770	43	43	23	6	7	38	11	8	18	42	99	0
BOD	1501	37	44	11	6	0	28	0	0	10	32	72	277
T-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	547	8	11	0	3	0	0	0	0	10	34	58	146
NH <sub>3</sub> -N	1535	42	53	23	6	7	8	11	8	18	42	98	278
NO <sub>3</sub> -N	1434	40	53	23	6	7	37	11	8	18	42	96	281
TH	2371	28	20	3	6	0	389	0	0	0	24	232	0
Mg	779	0	18	0	6	0	0	0	0	0	0	6	0
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	1574	0	22	0	6	0	0	0	0	0	24	24	10
Na	276	0	18	0	6	0	0	0	0	0	0	6	9
Pb	540	28	22	5	0	0	0	0	0	10	34	68	50
Totaal aantal staalnamen	21928	43	87	23	6	7	459	11	8	18	42	308	286

- |                           |                      |
|---------------------------|----------------------|
| 1 = kanaal Gent-Terneuzen | 7 = Kale             |
| 2 = Bovenschelde          | 8 = Burggravenstroom |
| 3 = Leie                  | 9 = Avrijevaart      |
| 4 = kanaal Gent-Oostende  | 10 = Langelede       |
| 5 = Ringvaart             | 11 = Zuidlede        |
| 6 = Lieve                 | 12 = Moervaart       |
|                           | 13 = Westerschelde   |

Tabel 25 : Aantal verwerkte analyses per waterloop en per parameter en aantal verwerkte staalnamen per waterloop.

Om een efficiënte verwerking van de gegevens mogelijk te maken werd het kanaal Gent-Terneuzen ingedeeld in 19 vakken. De Lambert-coördinaten van deze vakken en de lengte van het betrokken deel van het kanaal in deze vakken zijn weergegeven in tabel 26. De vakken werden uitgetekend in fig.26a. Vak 0 omvat het Handelsdok en hoort dus, strikt genomen, niet tot het kanaal Gent-Terneuzen. Toch zijn hier trends aanwezig die duidelijk verband houden met die

van het kanaal. Bij de indeling in vakken werd rekening gehouden met de spreiding van de gegevens en de geometrie van het kanaal terwijl tevens getracht werd om de lengten van de verschillende kanaalvakken niet teveel te laten verschillen. Omdat de spreiding van de gegevens op het Nederlands deel van het kanaal minder dicht was zijn de vakken hier gemiddeld iets groter. Vak 19 vormt hierop een uitzondering omdat zich juist vóór de sluis van Terneuzen de zogenaamde "zoutkom" bevindt die veel dieper is dan de gemiddelde kanaaldiepte.

Vak	x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	y <sub>1</sub>	y <sub>2</sub>	Lengte van het kanaalvak km	Afstand tot Tolhuisstuw km
0	105300	106000	194700	196000	-	-
1	104700	105300	195500	197400	1,9	1,9
2	104700	105800	197400	199000	1,7	3,6
3	105300	106800	199000	200700	2,0	5,6
4	106300	107800	200700	201800	1,5	7,1
5	107300	108600	201800	203100	1,6	8,7
6	108000	109300	203100	204500	1,5	10,2
7	108600	109900	204500	206000	1,6	11,8
8	109200	110500	206000	207400	1,5	13,3
9	109500	110700	207400	208500	1,1	14,4
10	109900	111300	208500	210000	1,5	15,9
11	109900	111300	210000	211600	1,6	17,5
12	109900	111300	211600	214000	2,5	20,0
13	110500	112500	214000	216200	2,5	22,5
14	111800	113500	216200	218100	2,2	24,7
15	112100	113500	218100	219900	1,6	26,3
16	112100	113500	219900	221200	1,3	27,6
17	112000	113100	221200	223000	1,8	29,4
18	111600	112800	223000	223950	1,1	30,5
19	111600	112800	223950	224200	0,3	30,8

Tabel 26 : Indeling van het kanaal Gent-Terneuzen in vakken en de Lambert-coördinaten ervan.

Door de indeling in vakken kon de evolutie van bepaalde parameters in de lengterichting van het kanaal bestudeerd worden, was het mogelijk om binnen een bepaald vak de evolutie in de tijd van de verschillende parameters na te gaan en konden andere programma's, zoals de korrelatie tussen bepaalde parameters per kanaalgedeelte, nagegaan worden. De waterlopen werden ingedeeld in één of meerdere vakken. De coördinaten zijn vermeld in tabel 27 (fig. 26b).

Waterlopen	Vak	$x_1$	$x_2$	$y_1$	$y_2$
Bovenschelde	1	104000	105000	188000	189000
Leie	1	98500	101000	190000	193000
	2	100300	101300	193000	193800
Kanaal Gent-Oostende	1	94000	100300	197500	199000
	2	100300	104000	194000	198000
Ringvaart	1	103000	105400	199000	199700
Lieve	1	98500	100000	198000	202000
Kale	1	99000	103000	197500	199500
	2	103000	105700	199000	200400
Burggravenstroom	1	104000	106000	200400	206000
Avrijevaart	1	107000	109700	206000	207300
Langelede	1	113500	114500	206000	209000
Zuidlede	1	112100	115000	204000	205000
Moervaart	1	121000	124500	203000	207500
	2	115000	121000	206000	207500
	3	108600	115000	202800	207000

Tabel 27 : Indeling in vakken van de wateraanvoerende waterlopen van het kanaal Gent-Terneuzen en de Lambert-coördinaten ervan.

Fig. 26a : Indeling van het  
kanaal Gent-Terneuzen in  
vakken.



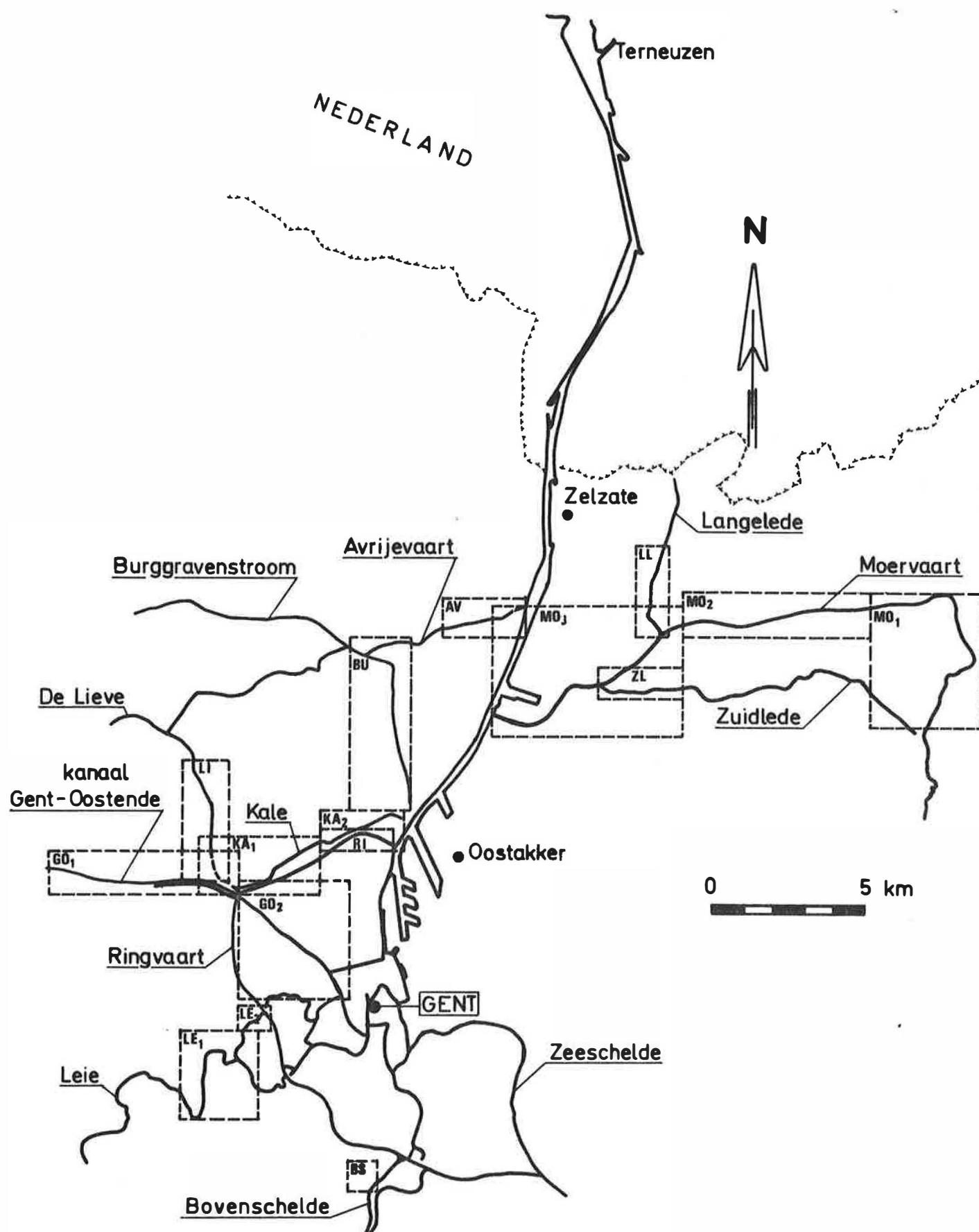


Fig. 26b : Indeling van de wateraanvoerende waterlopen in vakken.

Voor de eigenlijke verwerking van de gegevens werden een aantal computerprogramma's opgesteld waarvan hierna een korte beschrijving volgt.

1.2.1. Parameters, neerslag of debiet in functie van de tijd

Doel :

het verkrijgen van een grafiek waarop maandgemiddelden van een parameter, het debiet of de neerslag uitgezet worden in functie van de tijd. Verder is het mogelijk een voortschrijdend gemiddelde op dezelfde grafiek uit te zetten.

Input voor een parameter :

- code van de parameter;
- code voor de waterloop;
- stel coördinaten die overeenkomen met één of meerdere vakken;
- diepte-interval;
- begin- en einddatum.

Input voor neerslag :

- plaats (Zelzate);
- begin- en einddatum.

Input voor debiet :

- plaats (Tolhuisstuw of Terneuzen);
- begin- en einddatum.

1.2.2. Gemiddelde per maand van een parameter, van de neerslag of van het debiet

Doel :

het verkrijgen van een grafiek waarop voor elke maand (jan tot dec) het gemiddelde over een bepaald aantal jaren van een parameter, van het debiet of van de neerslag wordt uitgezet.

Input :

zie 1.2.1.



### 1.2.3. Parameter in functie van een andere parameter of van het debiet

Doel :

het verkrijgen van een grafiek waarop maandgemiddelden van een bepaalde parameter worden uitgezet t.o.v. maandgemiddelden van een andere parameter of van een debiet. Het is mogelijk hierbij ook de best passende rechte of kromme te tekenen, alsook de bijhorende korrelatiecoëfficiënten te berekenen. Men kan de keuze maken tussen de volgende kurven :

$$y = ax$$

$$y = a + bx$$

$$y = ae^{bx}$$

$$y = ax^b$$

$$y = a + \frac{b}{x}$$

$$y = \frac{x}{a + bx}$$

$$y = a + b \log x$$

$$y = \frac{1}{a + bx}$$

Input :

- code voor parameters op y-as;
- code voor parameters of debiet op x-as;
- stel coördinaten;
- diepte-interval;
- begin- en einddatum van een bepaalde periode.

### 1.2.4. Parameter in functie van plaats en diepte

Doel :

het verkrijgen van een grafiek waarop per vak' per diepte-interval een gemiddelde waarde voor een parameter wordt uitgezet. Verder gebeurt er een lineaire interpolatie tussen de bekomen gemiddelden waardoor het mogelijk wordt lijnen van gelijke concentratie langsheen de lengte-as van het kanaal te tekenen.

Input :

- de Lambert-coördinaten en de lengte van alle kanaalvakken;
- een reeks aaneensluitende diepte-intervallen;
- begin- en einddatum;
- maanden met dewelke rekening wordt gehouden, b.v. 1<sup>e</sup> kwartaal : jan, feb, mrt.

#### 1.2.5. Parameter in funktie van de plaats

Doel :

het verkrijgen van een grafiek waarop voor één bepaald diepte-interval per vak een gemiddelde waarde voor een parameter wordt uitgezet, zodat het mogelijk is het verloop van deze parameter langsheen de lengte-as van het kanaal te beschouwen.

Input :

idem als in 1.2.4.

#### 1.2.6. Kleurindex

Doel :

het berekenen van de kwaliteitsindex volgens de formule van Prati voor een reeks vakken en diepte-intervallen en voor bepaalde perioden. Door het gebruik van een klassifikatiesysteem kan de waterkwaliteit, gesteund op de verschillende parameters, ingedeeld worden in klassen. In de "Studie van de oppervlaktewater van het hydrografisch bekken van de Grote en de Kleine Nete (M. Vercruysse e.a.) werden verschillende klassifikatiesystemen vergeleken. Zoals bij bovenvermelde studie wordt ook in deze studie het indexsysteem van PRATI toegepast. Hierbij wordt er rekening gehouden met de belangrijkste parameters en zijn de mathematische vergelijkingen gesteund op een brede waaier van internationale gegevens.

Aan iedere parameter wordt een graad van belangrijkheid gegeven. Via mathematische vergelijkingen wordt de concentratie van iedere parameter omgerekend naar een index. De vergelijkingen zijn zodanig opgesteld dat de bekomen index een maat is voor het verontreinigend effect. Een parameter met de hoogste concentratie heeft dus niet noodzakelijk de hoogste index. Het rekenkundig gemiddelde van de afzonderlijke indexen geeft de totale verontreinigingsindex van het water aan. De bekomen index duidt aan in welke klasse het water zich bevindt. Er zijn 5 kwaliteitsklassen :

Klasse	Index		
1	0-1	zeer zuiver	(blauw)
2	1-2	aanvaardbaar	(groen)
3	2-4	licht verontreinigd	(geel)
4	4-8	verontreinigd	(oranje)
5	>8	sterk verontreinigd	(rood)

De mathematische vergelijkingen voor het berekenen van de afzonderlijke indexen worden hierna opgegeven.

Input :

- code voor de waterloop;
- Lambert-coördinaten van de te beschouwen vakken;
- een reeks diepte-intervallen;
- een reeks opeenvolgende perioden;
- de parameters die men wil beschouwen;
- een minimaal aantal verschillende parameters dat moet aanwezig zijn.

Parameter		Transformatievergelijking	
pH		$X_{0-5}$	$= -5,6 + 5,6 (7-Y) - 0,4 (7-Y)^2$
		$X_{5-7}$	$= 2 (7-Y)$
		$X_{7-9}$	$= (Y-7)^2$
		$X_{9-14}$	$= -5,6 + 5,6 (Y-7) - 0,4 (Y-7)^2$
		$X_{>14}$	$= 0,08 (Y-14)$
$O_2$ verzadiging	%	$X_{<50}$	$= 4,2 - 0,437 \left( \frac{100-Y}{5} \right) + 0,042 \left( \frac{100-Y}{5} \right)^2$
		$X_{50-100}$	$= 0,08 (100-Y)$
BOD <sub>5</sub>	mg $O_2$ /l	$X$	$= \frac{Y}{1,5}$
COD	mg $O_2$ /l	$X$	$= 0,1 Y$
Zwevende stoffen	mg/l	$X$	$= 2^{2,1} \log \left( \frac{Y-10}{10} \right)$
NH <sub>3</sub> -N	mg N/l	$X$	$= 2^{2,1} \log (10 \cdot Y)$
NO <sub>3</sub> -N	mg N/l	$X$	$= 2^{2,1} \log \left( \frac{Y}{4} \right)$
Cl <sup>-</sup>	mg/l	$X_{<50}$	$= 1,57 \left( \frac{Y}{50} \right) - 0,57 \left( \frac{Y}{50} \right)^2$
		$X_{50-300}$	$= 0,6 + 0,37 \left( \frac{Y}{50} \right) + 0,033 \left( \frac{Y}{50} \right)^2$
		$X_{>300}$	$= 3,75 \sqrt{\frac{Y}{50}} - 5,2$
		$X$	$= 2^{2,1} \log (10 \cdot Y)$
Fe	mg/l	$X$	$= 2^{2,1} \log (10 \cdot Y)$
Mn	mg/l	$X_{0-0,5}$	$= 2,5Y + 3,9 \sqrt{Y}$
		$X_{>0,5}$	$= 2,75 + 5,25 (Y)^2$
Anion.detergenten	mg/l	$X_{0-1}$	$= 3,2 \sqrt{Y} - 1,2 \cdot Y$
		$X_{>1}$	$= 1,2 + 0,8Y$
Geleidbaarheid	$\mu S/cm$	$X$	$= 0,002655Y$

Transformatievergelijkingen van concentraties (Y) in verontreinigingsniveau's, uitgedrukt in eenheden van verontreiniging (X).

## 2. Neerslag

Fig. 27 geeft het verloop aan van het maandelijks neerslaggemiddelde voor de periode 1/61-12/82 in het waarnemingsstation van het K.M.I. te Zelzate (de gemeenten waarden voor Melle waren gelijklopend met deze van Zelzate).

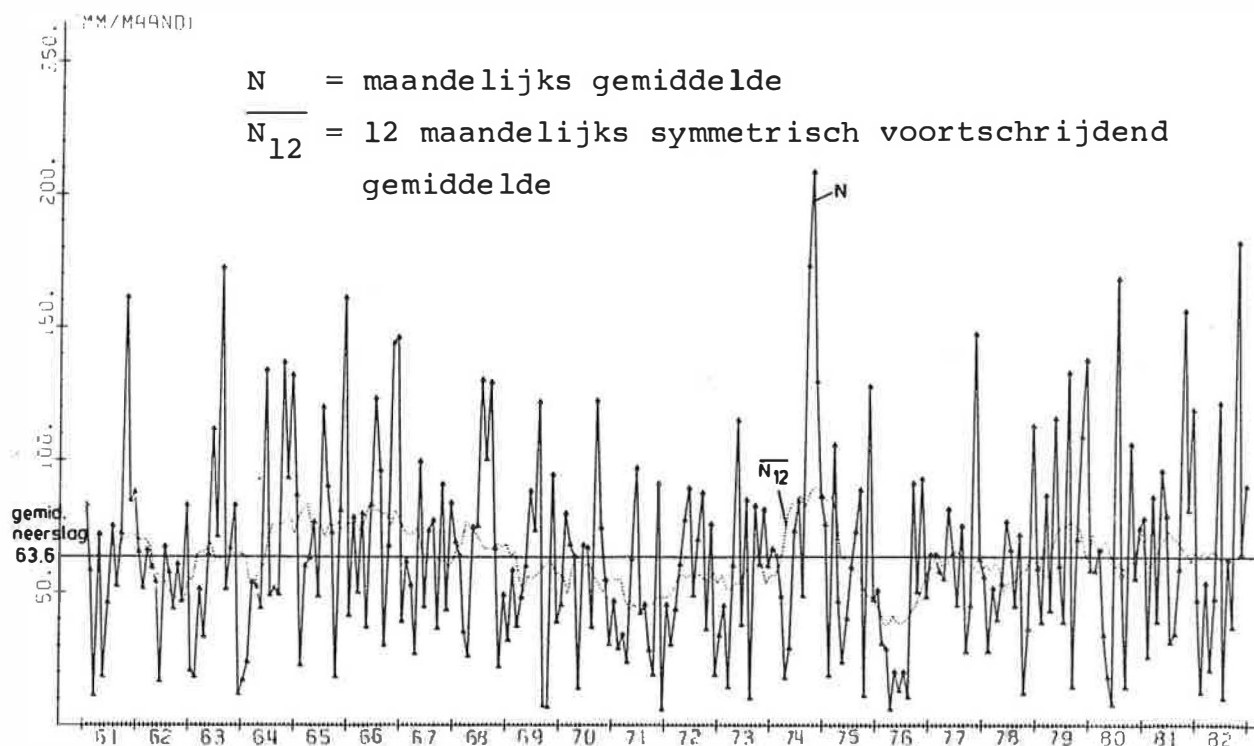


Fig. 27 : Verloop van het maandelijks neerslaggemiddelde in de tijd te Zelzate.

De gemiddelde maandelijkse neerslag over de beschouwde periode bedraagt 63,6 mm/jaar. Uit de ligging van het twaalfmaandelijks symmetrisch voortschrijdend gemiddelde  $\overline{N}_{12}$  t.o.v. dit gemiddelde zijn drogere of nattere perioden te onderscheiden :

- 1/61-9/64 : ongeveer gelijk aan het gemiddelde;
- 10/64-10/68 : opvallend natter (gemiddeld ca. 75 mm/maand);
- 11/68-8/74 : merkkelijk droger (gemiddeld ca. 55 mm/maand);
- 9/74-1/75 : zeer nat (gemiddeld 150 mm/maand)
- 2/75-1/76 : iets droger dan het gemiddelde;

- 2/76-8/76 : extreem droog (gemiddeld 20 mm/maand);
- 9/76-12/82 : ongeveer gelijk aan het gemiddelde.

De gemiddelde neerslag per maand over de periode 1/61-12/82 is uitgezet in fig. 28. Hieruit blijkt dat januari, februari, maart en april gemiddeld belangrijk droger zijn terwijl oktober, november en december duidelijk natter uitvallen dan het gemiddelde.

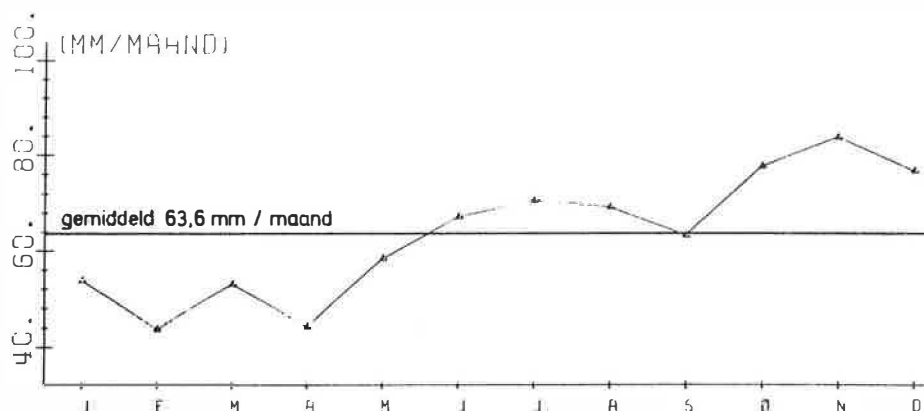


Fig. 28 : Gemiddelde neerslag per maand te Zelzate (1/61-12/82).

### 3. Debiet in het kanaal Gent-Terneuzen

#### 3.1. Aard van de gegevens

Over het debiet in het kanaal Gent-Terneuzen zijn volgende gegevens beschikbaar :

- debieten aan de Tolhuisstuw te Gent voor de tijds-  
spanne 1/51-12/82 en bepaald door het Ministerie van  
Openbare Werken, Bestuur der Waterwegen, Dienst van  
het Stroomgebied der Schelde, 1<sup>e</sup> Directie;
- debieten aan de Westsluis te Terneuzen voor de tijds-  
spanne 7/72-12/82 en bepaald door de Rijkswaterstaat.

De berekening van het debiet aan de Tolhuisstuw wordt afgeleid uit kurven waarbij rekening wordt gehouden met de toestand van de schotbalken en de schuiven

en met het peil van het boven- en benedenwater. De peilen worden driemaal per dag afgelezen. Sinds 1/61 werd er een korrektie toegepast voor de afname van de elektriciteitscentrale van de stad Gent (0 tot  $4 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Of deze korrektie ook werd toegepast vóór 1/61 kon niet met zekerheid worden achterhaald. Dit verbeterd debiet noemen we voortaan  $D_{\text{Tolhuis}}$ . Dit debiet is slechts een benaderende waarde van de hoeveelheid water die naar het kanaal stroomt. Er dient verder rekening mee gehouden te worden dat de afname door de elektriciteitscentrale ook een benaderende waarde is en dat er door lekverliezen aan sluizen en stuwen nog een watertoevoer of -afvoer is aan de openstaande Kasteelsluis.

De berekening van het debiet te Terneuzen is gesteund op het aantal schuttingen waarbij rekening wordt gehouden met het gebruik van de totale kolk of een gedeelte ervan, het peilverschil tussen het kanaal en de Westerschelde en de spuiingen via de spuirollen. Bij deze laatste houdt men rekening met de stand van de afsluitsystemen en de tijd van een bepaalde toestand ervan. Het aldus berekende debiet noemen we  $D_{\text{Terneuzen}}$ . De Rijkswaterstaat heeft ons meegedeeld dat deze debieten slechts richtinggevend zijn.

### 3.2. Debiet op een bepaalde plaats

Het debiet in het kanaal Gent-Terneuzen houdt niet alleen verband met de voeding aan de oorsprong maar is van plaats tot plaats afhankelijk van extra voedingen of verliezen, lozingen, afnamen door bedrijven, evaporatie, neerslag en infiltratie. Door de studiegroep HAECON werd in 1972 een raming gemaakt van deze factoren. Uit deze studie blijkt dat het debiet aan de Belgisch-Nederlandse grens kan bepaald worden door het debiet van de Tolhuisstuw te vermeer-

deren met  $2,08 \text{ m}^3/\text{s}$ . Er is een supplementaire voeding van  $2,58 \text{ m}^3/\text{s}$  door de waterlopen die aansluiten op het kanaal en  $1 \text{ m}^3/\text{s}$  door de schutverliezen aan de sluis te Evergem. De evaporatieverliezen variëren tussen  $1,5$  en  $0,14 \text{ m}^3/\text{s}$ . Deze gegevens zijn slechts richtwaarden en fluktuëren sterk met de seizoenen. Om een beter inzicht te krijgen per seizoen hebben wij een raming gemaakt van de supplementaire voedingen en verliezen per seizoen.

### 3.2.1. Evaporatie - neerslag

1	2	3	4	5	6
J	8,1	53,8	+45,7	+0,09	+0,06
F	13,4	44,0	+30,6	+0,06	
M	32,8	53,2	+20,4	+0,04	
A	59,3	44,4	-14,9	-0,03	-0,06
M	95,0	58,6	-36,4	-0,07	
J	107,0	67,2	-39,8	-0,08	
J	109,0	71,2	-37,8	-0,07	-0,03
A	85,3	69,2	-16,1	-0,03	
S	53,2	63,2	+10,0	+0,02	
O	24,6	78,0	+53,4	+0,10	+0,13
N	7,8	84,0	+76,2	+0,15	
D	4,0	77,2	+73,2	+0,14	
Totaal	599,5 mm/jaar	764,0 mm/jaar	+164,5 mm/jaar		

Tabel 28 : Correctie op  $D_{\text{Tolhuis}}$  ter hoogte van de Belgisch-Nederlandse grens voor evaporatie en neerslag.

1 = maand.

2 = evaporatie open wateroppervlak te Melle (1967-1972); mm/maand.

3 = gemiddelde neerslag per maand (fig. 28); mm/maand.

4 = netto neerslag voor voeding; mm/maand.

5 = correctie op  $D_{\text{Tolhuis}}$  aan Belg.-Ned. grens;  $\text{m}^3/\text{s}$ .

6 = gemiddelde correctie op  $D_{\text{Tolhuis}}$  aan de grens per kwartaal;  $\text{m}^3/\text{s}$ .



Er is uitgegaan van evaporatiegegevens voor een open wateroppervlak te Melle voor de periode 1967-1972 door BULTOT en DUPRIEZ (1974) (tabel 28). Door de gemiddelde neerslag hiermee te verbeteren bekomt men de netto neerslag die beschikbaar is voor rechtstreekse voeding in het kanaal. Van april t.e.m. augustus bekomt men een negatief cijfer. Er is dus meer verdamping dan neerslag. Omgerekend tot een gemiddeld debiet per kwartaal is de korrektie voor evaporatie - neerslag toe te passen op  $D_{\text{Tolhuis}}$  ter hoogte van de Belgisch-Nederlandse grens, positief in het 1<sup>e</sup> en 4<sup>e</sup> kwartaal (+0,06 en +0,13 m<sup>3</sup>/s) maar negatief in het 2<sup>e</sup> en 3<sup>e</sup> kwartaal (-0,06 en -0,03 m<sup>3</sup>/s). Ter hoogte van de Westsluis te Terneuzen dienen de voormelde kwartaalgemiddelden te worden verdubbeld : +0,12; -0,12; -0,06 en +0,26 m<sup>3</sup>/s voor het 1<sup>e</sup>, 2<sup>e</sup>, 3<sup>e</sup> en 4<sup>e</sup> kwartaal.

### 3.2.2. Infiltratie

Op Belgisch grondgebied ligt het kanaalpeil gemiddeld 0,7 m onder het grondwaterpeil van de omgeving terwijl in Nederland ongeveer 2,5 m erboven. In België gebeurt er dus een zwakke infiltratie in het kanaal terwijl er in Nederland kwelverlies is naar de omringende polders. Tengevolge van een halfdoorlatende laag in het Kwartair op Belgisch grondgebied en van de sliblaag op de bodem van het kanaal wordt de infiltratie sterk geremd. Voor het Belgisch gedeelte kan de voeding door infiltratie worden geschat op minder dan 0,5 m<sup>3</sup>/s. De verliezen in het Nederlands gedeelte zouden 1 m<sup>3</sup>/s kunnen bereiken (Rijkswaterstaat, 1973).

### 3.2.3. Voeding aan de sluis te Evergem en lozingen en afnamen door bedrijven

Langs de sluis te Evergem op de Ringvaart is er normaal slechts voeding door het saswater. Rekening houdend met het aantal versassingen, de sluisgrootte en het peilverschil bekomt men een maximaal debiet van  $1 \text{ m}^3/\text{s}$ .

In het Tolhuisdebiet is de afname door de elektriciteitscentrale van Gent reeds verrekend (o.a.  $4 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Het grootste gedeelte van het opgenomen kanaalwater door de industrie wordt, na gebruik in het produktieproces (vooral koelwater), terug geloosd in het kanaal. Anderzijds wordt er door tal van bedrijven grondwater gebruikt dat eveneens voor een groot gedeelte in het kanaal wordt geloosd. De grondwaterwinningen zullen de verliezen van het kanaalwater (b.v. verdamping in de koeltorens) compenseren. Alhoewel wij over onvoldoende gegevens beschikten om dit diepgaand te bestuderen kunnen we toch veronderstellen dat het debiet van het kanaal relatief weinig zal beïnvloed worden door tussenkomst van de bedrijven.

### 3.2.4. Voeding en verliezen door stroombekkens

Uitgaande van een oppervlakte van 36.170 ha van de stroombekkens die uitmonden in het kanaal Gent-Terneuzen en een opbrengst van  $2.000 \text{ m}^3/\text{ha}$ , is er een extra voeding van  $72,34 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{jaar}$  of  $2,29 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Zoals voor de debietcorrectie voor evaporatie - neerslag is ook hier een seizoenverdeling noodzakelijk. Een juiste begroting is in feite maar mogelijk door een nauwkeurige waterbalans voor de verschillende bekkens uit te werken. In het kader van deze studie is dit

evenwel niet doenbaar. Om toch een ruw idee van de gemiddelde voeding per seizoen te verkrijgen kunnen we het gemiddelde debiet van  $2,29 \text{ m}^3/\text{s}$  herverdelen volgens de netto neerslag beschikbaar voor rechtstreekse voeding in het kanaal, zoals bepaald in tabel 28. De berekening is vervat in tabel 29.

1	2	3	4
J	+45,7		
F	+30,6	+96,7	+5,47
M	+20,4		
A	-14,9		
M	-36,4	-91,7	-5,13
J	-39,8		
J	-37,8		
A	-16,1	-43,9	-2,43
S	+10,0		
O	+53,4		
N	+76,2	+201,9	+11,17
D	+73,2		
Totaal	+164,5 mm/jaar		

Tabel 29 : Gemiddelde voeding of verlies per kwartaal door de hydrografische bekens die afwateren in het kanaal Gent-Terneuzen.

1 = maand.

2 = netto neerslag voor voeding  
(tab.28 ); mm/maand.

3 = totaal per kwartaal; mm/kwartaal.

4 = gemiddelde voeding of verlies per kwartaal aan de Belg.-Ned. grens;  
 $\text{m}^3/\text{s}$ .

De berekeningen tonen aan dat men in het eerste en vooral in het laatste kwartaal een belangrijke extra voeding vanuit de stroom-bekken kan verwachten. In het derde maar vooral in de tweede kwartaal zou er verlies optreden. Verlies betekent dat er water vloeit van het kanaal in het bekken. Dit is mogelijk voor zover het bekken rechtstreeks in verbinding staat met het kanaal zoals b.v. de Moervaart. Een bewijs dat een dergelijk scenario realistisch is wordt verderop in deze studie geleverd. Wordt het chloridegehalte in de Moervaart ter hoogte van de Kennedylaan in de tijd uitgezet dan stelt men inderdaad chlorideschommelingen vast overeenkomstig die in het kanaal (fig. 43). Dit is enkel te verklaren indien de Moervaart kanaalwater afneemt.

De waarde van voormelde korrekties voor voeding of verlies door de bekkens moet evenwel worden gerelativeerd. Het gaat hier enkel om een ruwe benadering waarbij de verdeling per seizoen werd geschat op grond van de netto neerslag beschikbaar voor rechtstreekse voeding van een open wateroppervlak. In werkelijkheid reageren de bekkens bufferend waardoor de uitersten worden afgevlakt en verschuiven in de tijd. Niettemin kan men aannemen dat de algemene tendens wordt weergegeven : een belangrijke extra voeding van het kanaal in de winter en vooral in de herfst en in mindere mate verlies in de lente en in de zomer.

### 3.2.5. Besluit

Het debiet op een bepaalde plaats in het kanaal Gent-Terneuzen houdt, bij een huidige waarde van  $D_{\text{Tolhuis}} = 20 \text{ m}^3/\text{s}$ , in eerste in-

stantie verband met het debiet aan de bron ( $D_{\text{Tolhuis}}$ ) maar wordt in de herfst en in de winter in zeer sterke mate positief en in de lente en zomer in mindere mate negatief beïnvloed door de in het kanaal uitmondende bekens.

Korrekties voor infiltratie, evaporatie, rechtstreekse neerslag en afname of lozing door bedrijven zijn bij de huidige Tolhuisdebieten van ca.  $20 \text{ m}^3/\text{s}$  van ondergeschikt belang.

### 3.3. Verloop debiet - tijd

#### 3.3.1. $D_{\text{Tolhuis}}$

Het verloop van  $D_{\text{Tolhuis}}$  in de tijd, sinds 1/51 tot 12/82, is weergegeven in fig. 29. In combinatie met het twaalfmaandelijks symmetrisch voortschrijdend gemiddelde  $\overline{D_{\text{Tolhuis}}}_{12}$  kunnen volgende opmerkingen worden geformuleerd.

- In de periode vóór de opening van de Westsluis, met uitzondering van 1968, lag  $D_{\text{Tolhuis}}$  gemiddeld onder de  $10 \text{ m}^3/\text{s}$ . Nochtans neemt men gedurende de natte seizoenen soms zeer hoog oplopende pieken in het debiet waar (b.v. rond de jaarwisseling van 64, 65, 66, enz...).
- Na de openstelling van de Westsluis tot 9/74 schommelde  $D_{\text{Tolhuis}}$  gemiddeld rond de  $10 \text{ m}^3/\text{s}$ . In de zomermaanden kon het debiet soms sterk terugvallen zoals in 1971, 1972 en vooral in 1973 en 1974 waar minima werden bereikt van  $3 \text{ m}^3/\text{s}$ .
- Afgezien van de belangrijke terugval tot  $6 \text{ m}^3/\text{s}$  in de extreem droge zomer van 1976 is  $D_{\text{Tolhuis}}$  sinds 10/74 belangrijk toegenomen ( $15\text{-}22 \text{ m}^3/\text{s}$ ). De forse stijging in het najaar van 1974 kan men in ieder geval in verband brengen met de extreem hoge neerslag in deze periode (fig. 27). Gedurende 1978 en 1979 lag

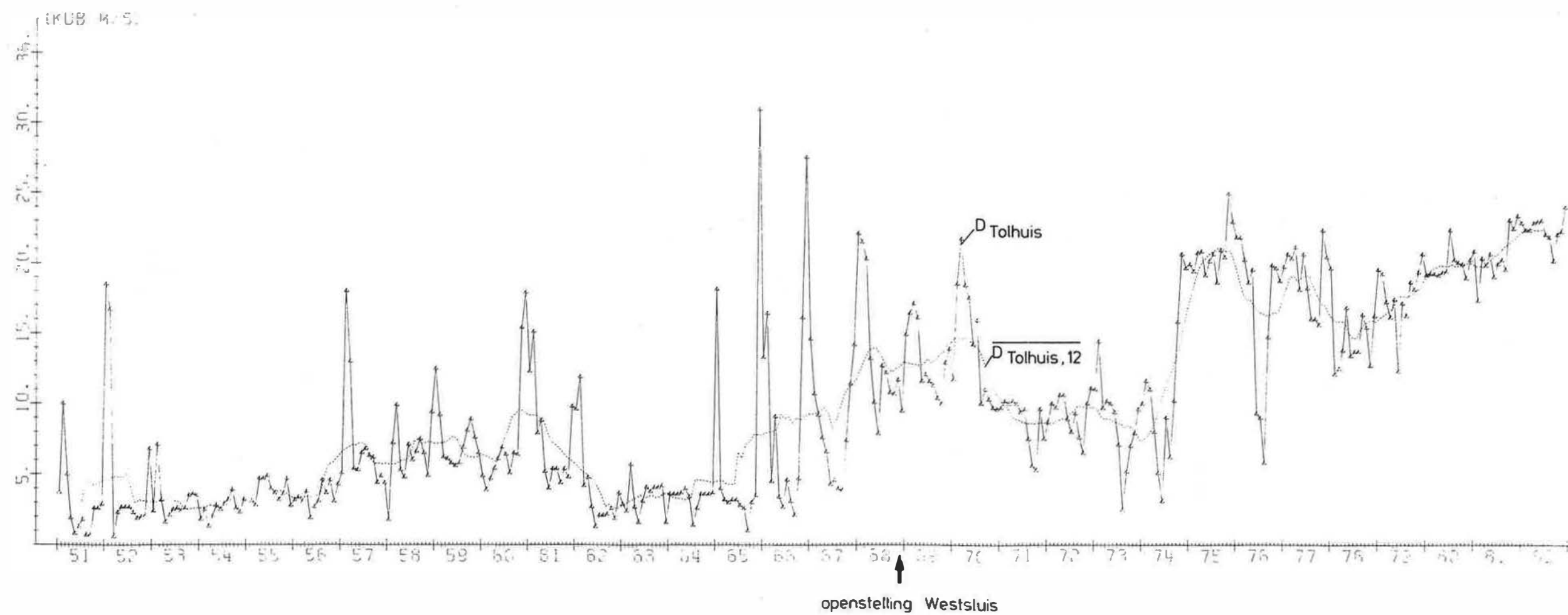


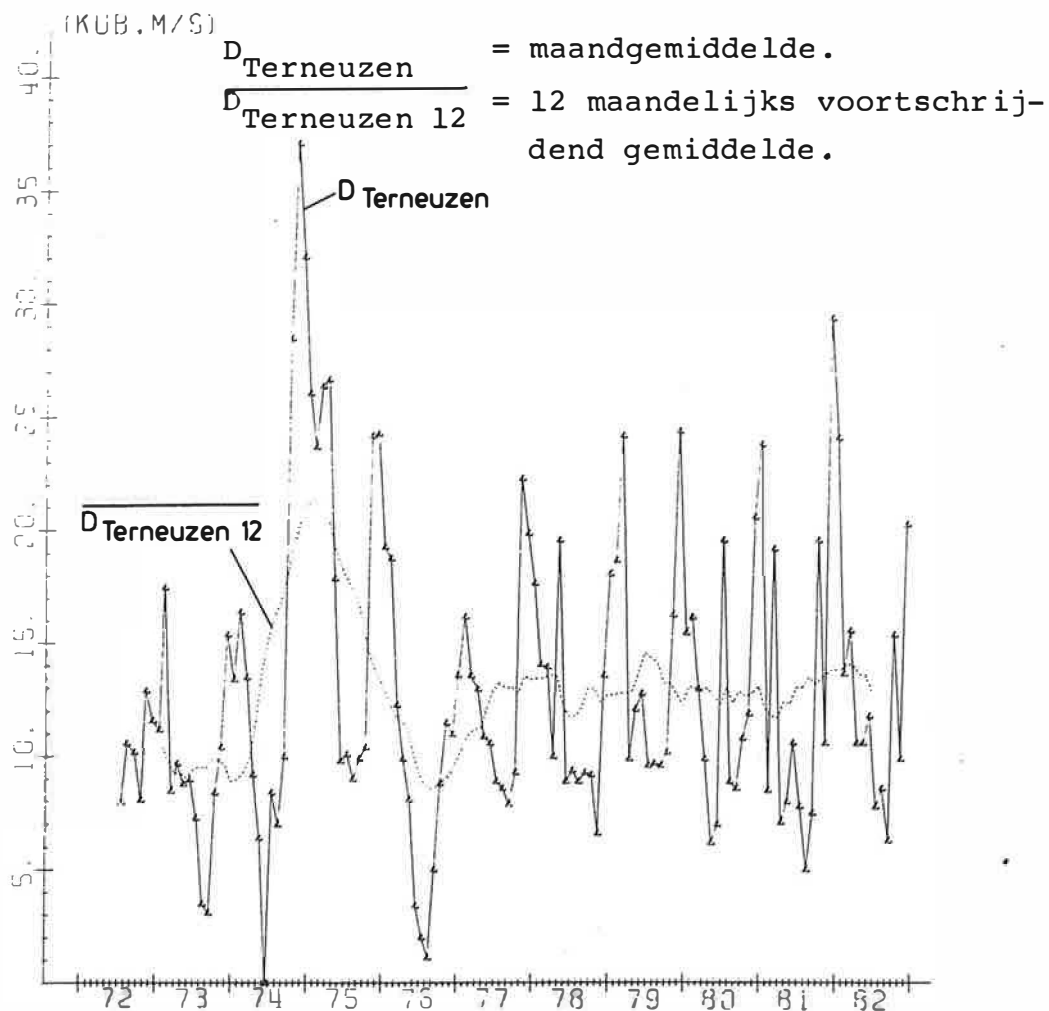
Fig. 29 : Verloop van het debiet aan de Tolhuisstuw in de tijd.

$D_{\text{Tolhuis}}$  gemiddeld rond de  $16-17 \text{ m}^3/\text{s}$  maar sindsdien is het debiet regelmatig gestegen om in 1982 een gemiddelde van  $22,4 \text{ m}^3/\text{s}$  te bereiken.

### 3.3.2. $D_{\text{Terneuzen}}$

Het verloop van  $D_{\text{Terneuzen}}$  sinds 7/72 tot 12/82 staat in fig. 30. In vergelijking met  $D_{\text{Tolhuis}}$  zou men het volgende kunnen verwachten :

- aanzienlijk grotere debieten in het begin en op het einde van het jaar;
- enigszins kleinere debieten in de lente en de zomer.



**Fig. 30** : Verloop van het debiet te Terneuzen in de tijd.

Hoewel deze redenering blijkt op te gaan voor de jaren 1972 t.e.m. 1974 is dit minder het geval voor de daaropvolgende jaren. Voor deze laatste periode benaderen de herfst- of winterpieken van  $D_{\text{Terheuzen}}$  de overeenkomstige  $D_{\text{Tolhuis}}$  waarden. In de lente, en vooral in de zomer is  $D_{\text{Terneuzen}}$  echter aanzienlijk kleiner dan  $D_{\text{Tolhuis}}$ . Een en ander blijkt duidelijk uit het gemiddeld debiet per maand.

### 3.4. Gemiddeld debiet per maand

Het gemiddeld debiet per maand werd voor volgende debieten en perioden berekend :

- $D_{\text{Tolhuis}}$  : 1/51-12/82 (fig. 31), 1/51-12/60 (fig. 32), 1/61-11/68 (fig. 33), 12/68-9/74 (fig. 34);
- $D_{\text{Tolhuis}}$  en  $D_{\text{Terneuzen}}$  : 10/74-12/82 (fig. 35).

Uit het gemiddeld debiet per maand van  $D_{\text{Tolhuis}}$ , berekend over de langste periode (32 jaar) (fig. 31), blijkt dat :

- de hoogste debieten optreden in de eerste en laatste maanden van het jaar;
- de laagste debieten voorkomen op het einde van de lente en gedurende de hele zomer.

Een gelijkaardige tendens neemt men ook waar over de kleinere perioden (fig. 32 t.e.m. 35) hoewel enkele verschuivingen kunnen optreden. Opmerkelijk is de geringe schommeling van het gemiddeld debiet per maand van  $D_{\text{Tolhuis}}$  over 1/51-12/60 (fig. 32).

Wat betreft de vergelijkbare periode van  $D_{\text{Tolhuis}}$  en  $D_{\text{Terneuzen}}$  (fig. 35) konstateren we dat beide debieten ongeveer gelijk uitvallen in het natte seizoen, terwijl er in de zomer aanzienlijk kleinere waarden worden vastgesteld te Terneuzen. Dit wijkt sterk af van wat men zou verwachten : aanzienlijk grotere debieten te Terneuzen op het einde en in het begin van het jaar en enigszins kleinere - maar niet in derge-



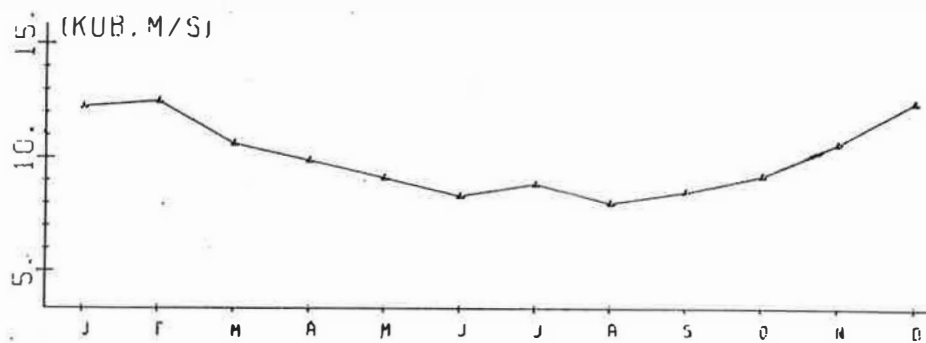


Fig. 31 : Gemiddeld debiet per maand aan de Tolhuis-stuw in de periode 1/51-12/82.

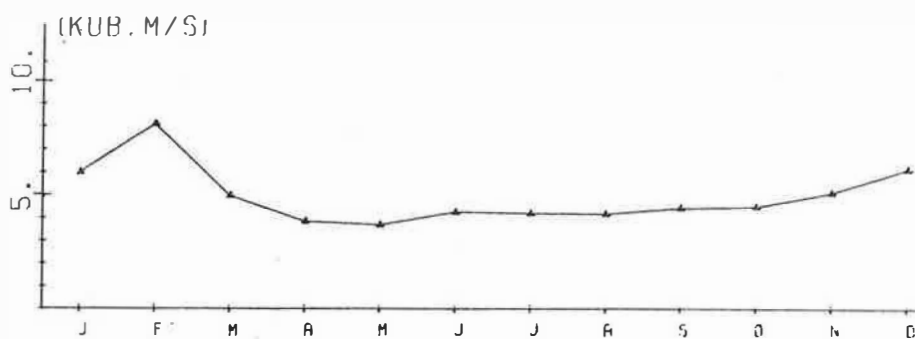


Fig. 32 : Gemiddeld debiet per maand aan de Tolhuis-stuw in de periode 1/51-12/60.

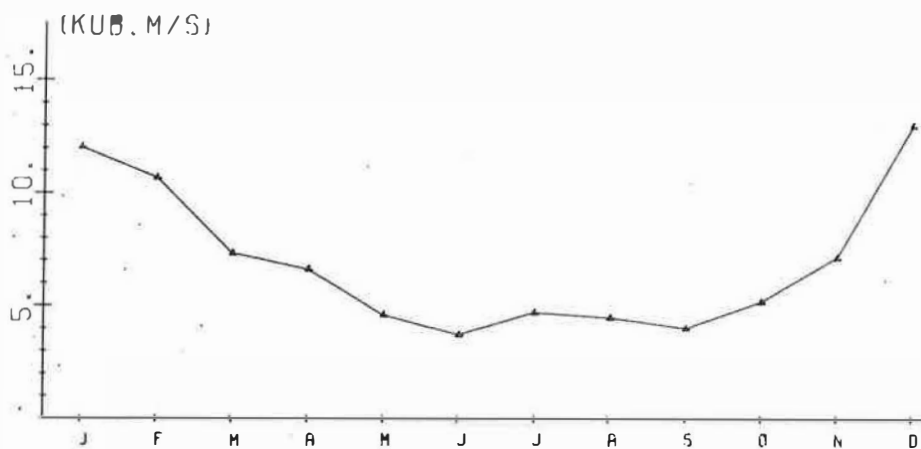
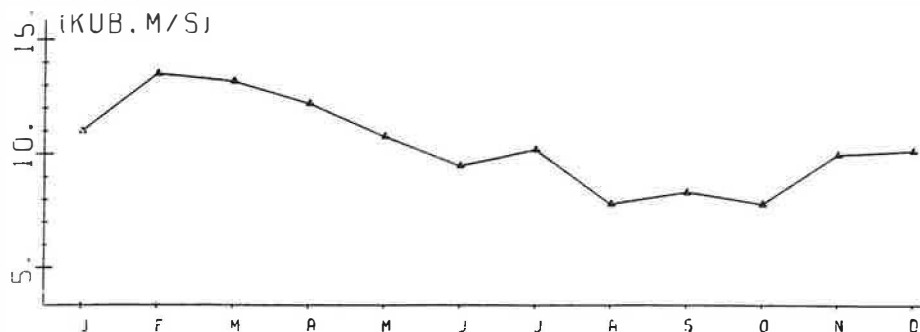
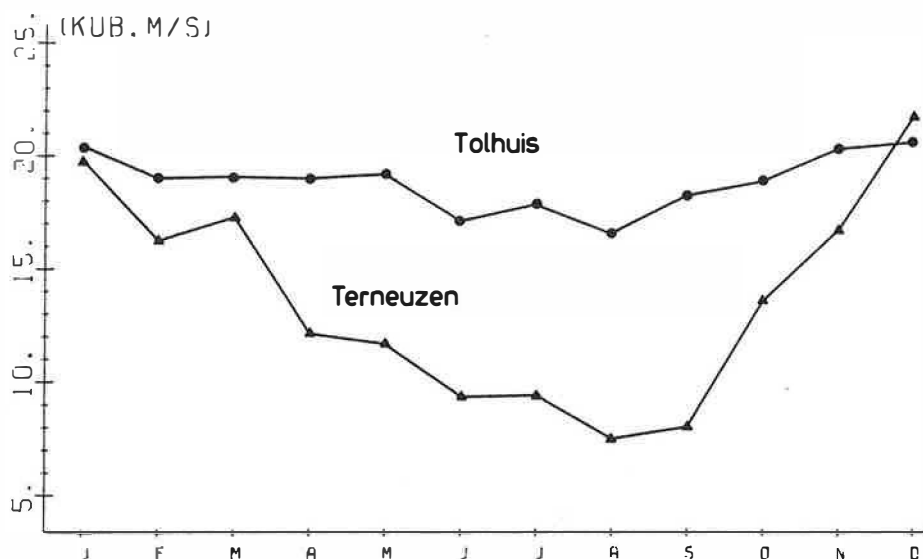


Fig. 33 : Gemiddeld debiet per maand aan de Tolhuis-stuw in de periode 1/61-11/68.



**Fig. 34** : Gemiddeld debiet per maand aan de Tolhuisstuw in de periode 12/68-9/74.



**Fig. 35** : Gemiddeld debiet per maand aan de Tolhuisstuw en te Terneuzen in de periode 10/74-12/82.

lijke mate zoals in fig. 35 - debieten in de lente en de zomer.

Een en ander stemt tot nadenken over de betrouwbaarheid van deze gegevens, vooral dan wat betreft D<sub>Terneuzen</sub>.

## 4. Chloride

### 4.1. Inleiding

In dit onderzoek worden volgende aspecten belicht :

- verloop van het chloridegehalte in de tijd;
- gemiddeld chloridegehalte per maand;
- chloridegehalte in afstand en diepte (lengteprofielen door het kanaal);
- verband debiet-chloridegehalte.

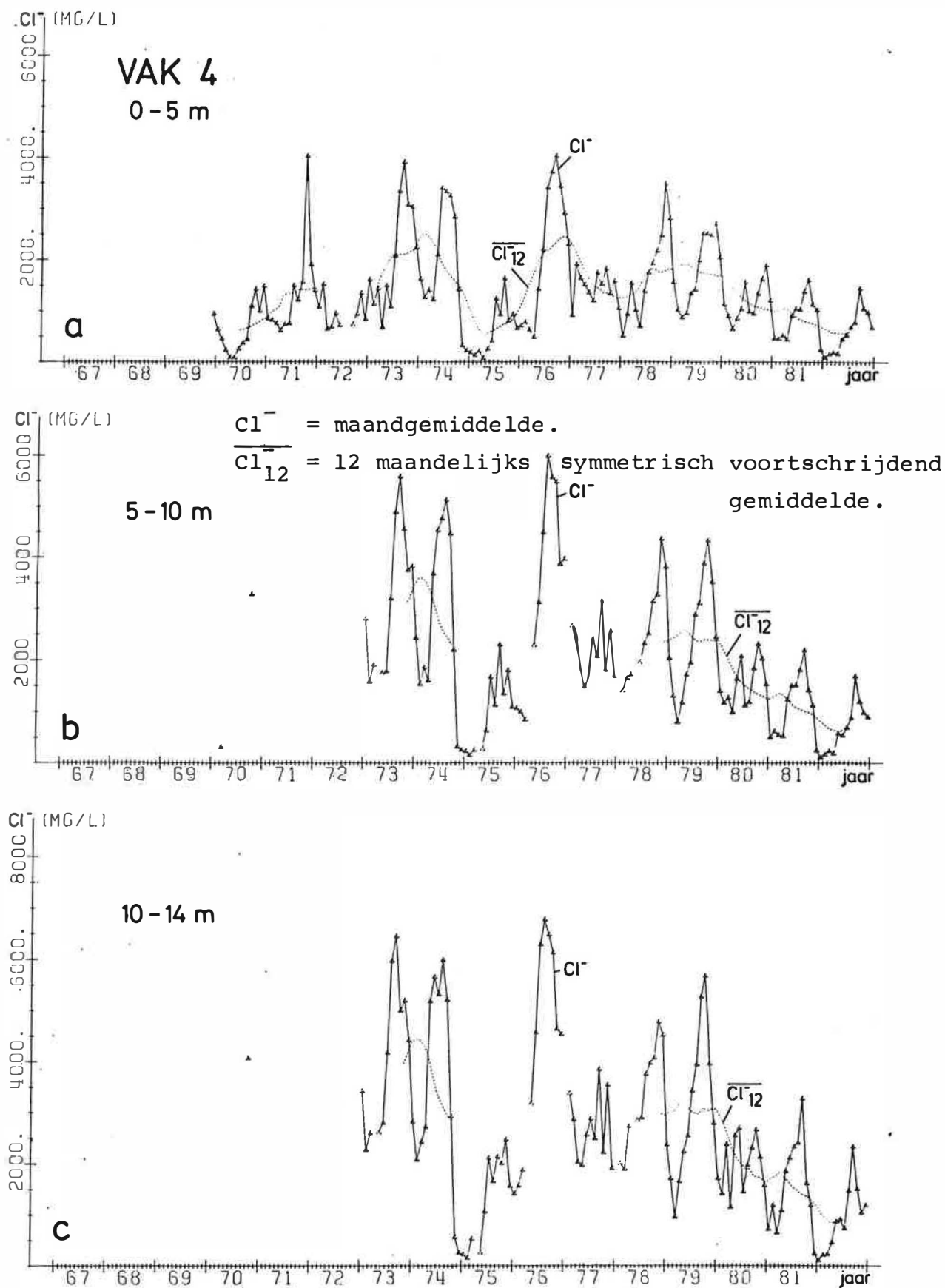
De studie werd in hoofdzaak toegespitst op de vakken 4, 8, 11 en 18. Uit vorige onderzoeken bleek dat het kanaalwater een gelaagdheid vertoont voor het chloridegehalte. Om die reden werd besloten telkens drie diepte-intervallen per vak te onderzoeken : 0-5 m, 5-10 m en 10-14 m. De gemiddelden werden berekend per vak en per diepte-interval. In regel werd ook het referentiepunt (ref.pt. in vak 18) in de studie betrokken. De gemiddelden voor dit punt werden berekend over de volledige diepte, zoals voorgeschreven in het verdrag van 20.06.1960.

De diepte-intervallen 0-5 m, 5-10 m en 10-14 m werden respectievelijk 1, 2 en 3 gekodeerd. Uitzonderlijk wordt ook het interval 0-2 m behandeld (kode 1a) wanneer er in het vak uitsluitend gegevens van nabij het kanaaloppervlak beschikbaar waren (b.v. in vak 0).

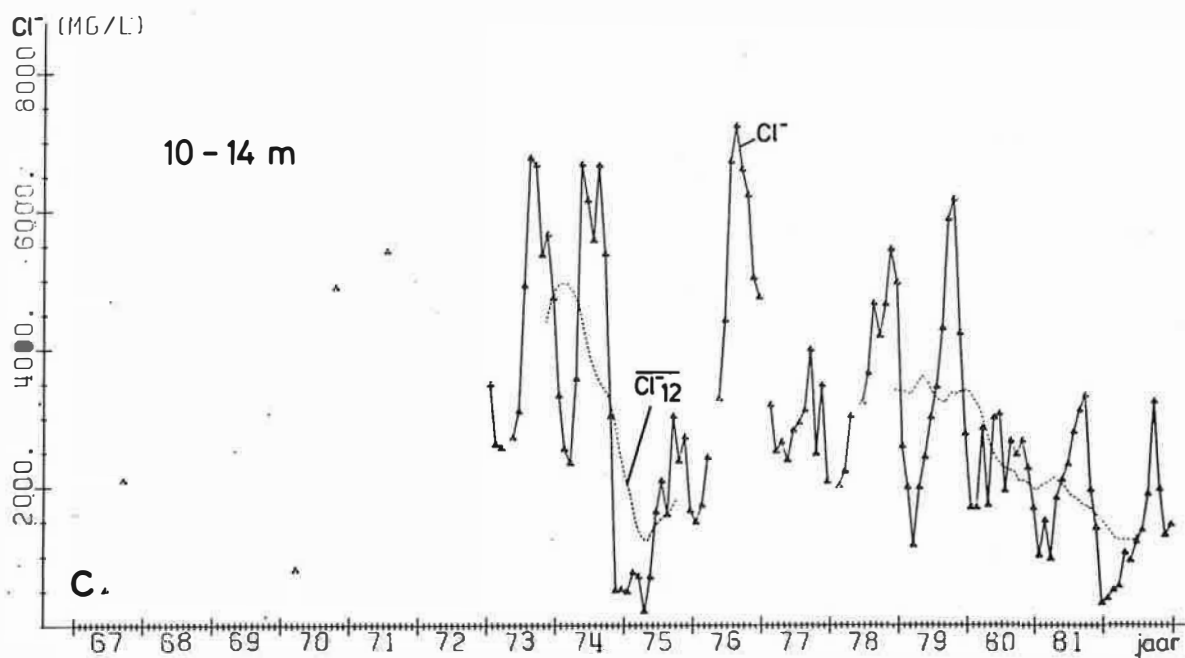
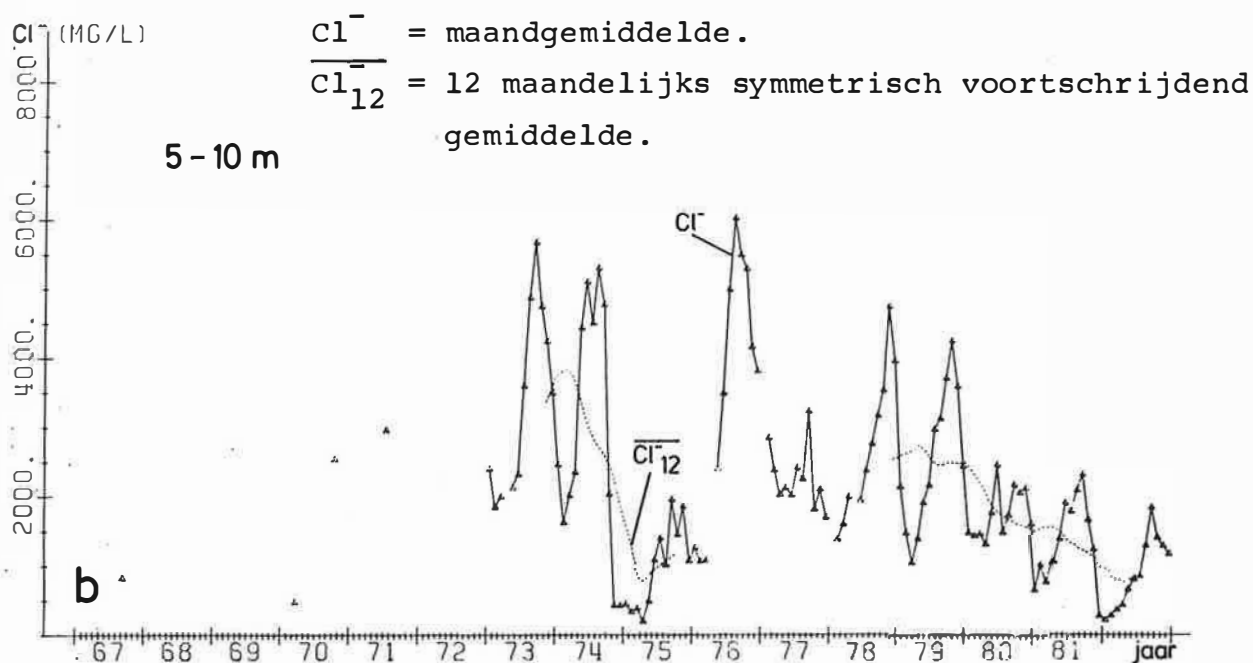
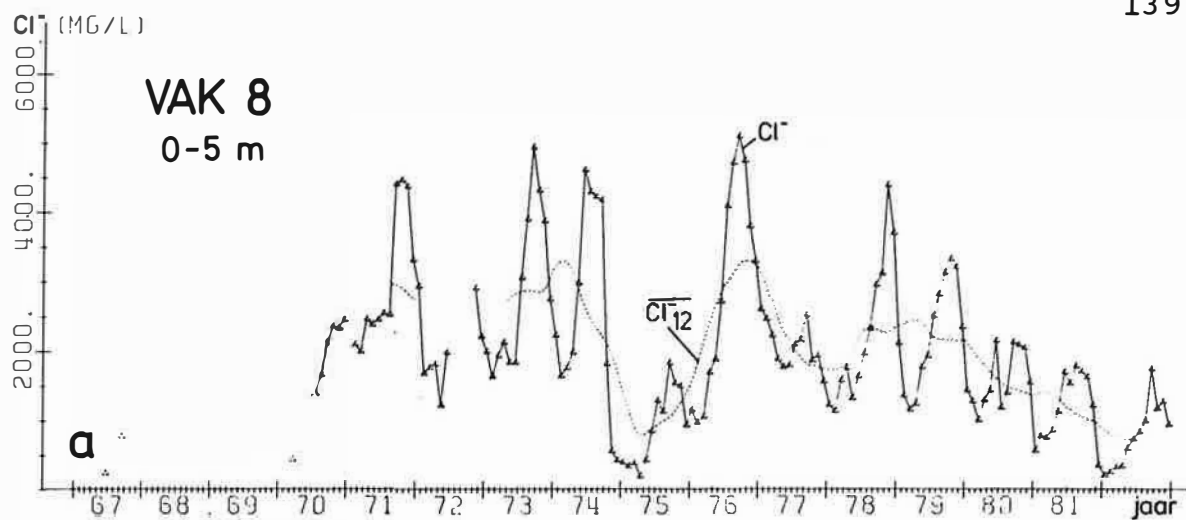
### 4.2. Verloop van het chloridegehalte in de tijd

#### 4.2.1. Kanaal Gent-Terneuzen

Het verloop van het maandgemiddelde van het chloridegehalte in de tijd werd uitgezet voor de volgende vakken en diepte-intervallen :  
vak 0 : 1a (fig. 36), vak 4 : 1, 2 en 3 (fig. 37 a, b en c), vak 8 : 1, 2 en 3 (fig. 38 a, b en c), vak 9 : 1 (fig. 39), vak 11 : 1, 2 en 3



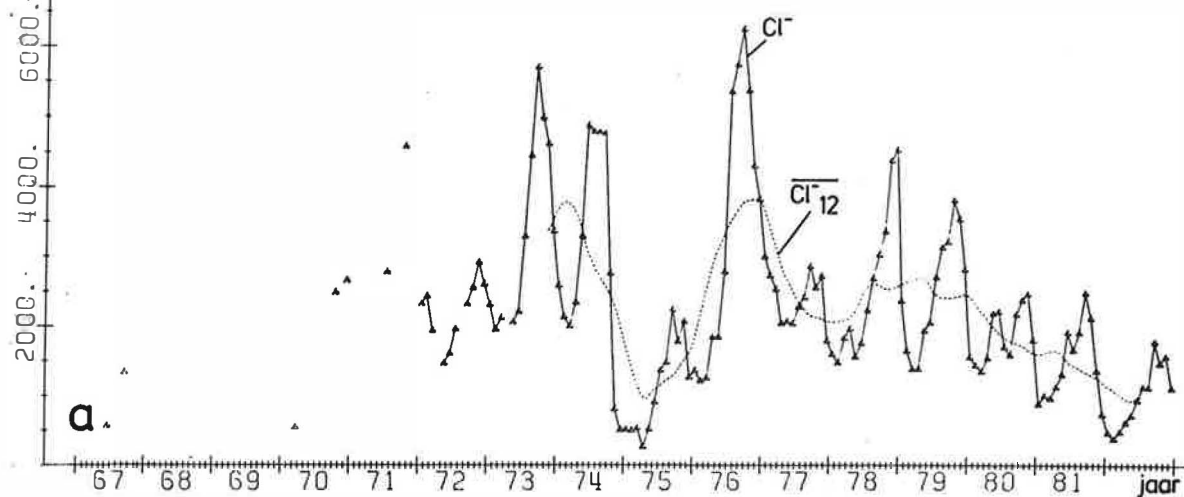
**Fig. 37** : Chloridegehalte in de tijd in vak 4.



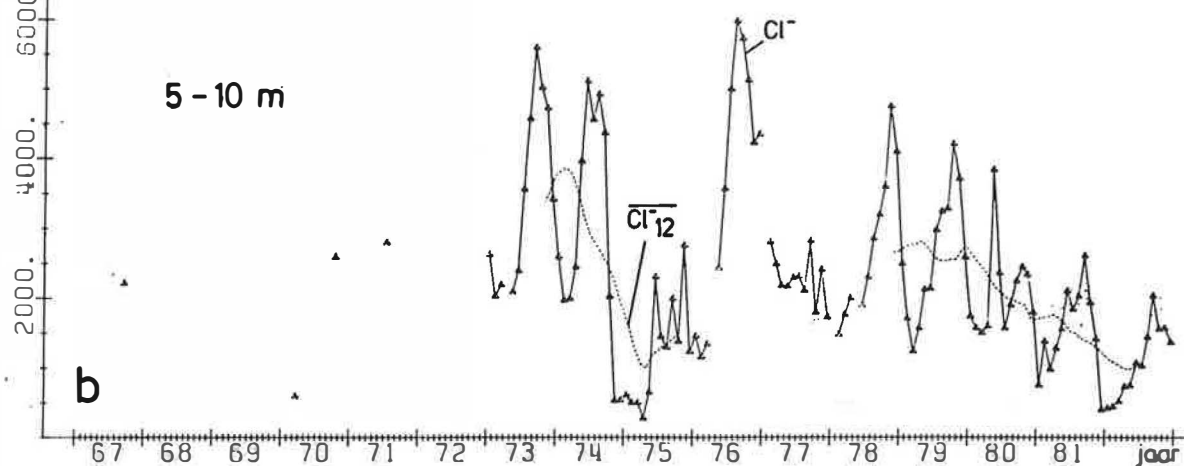
**Fig. 38** : Chloridegehalte in de tijd in vak 8.

$\text{Cl}^-$  (MG/L) $\text{Cl}^-$  = maandgemiddelde.**VAK 11**

0-5 m

 $\overline{\text{Cl}^-}_{12}$  = 12 maandelijks symmetrisch voortschrijdend gemiddelde. $\text{Cl}^-$  (MG/L)

5 - 10 m

 $\text{Cl}^-$  (MG/L)

10 - 14 m

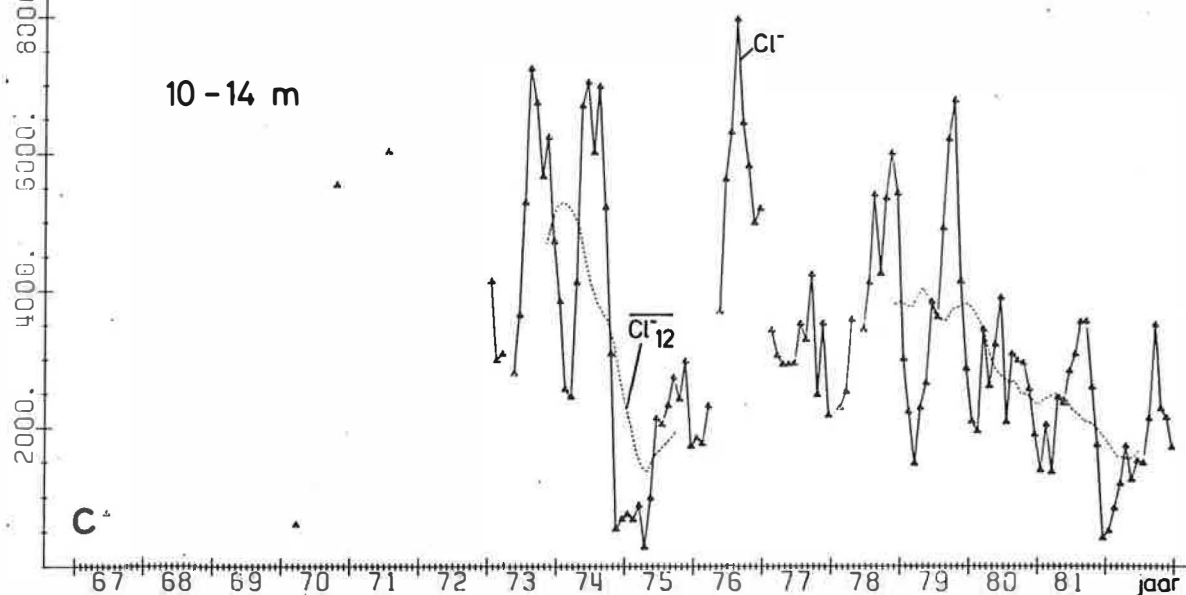
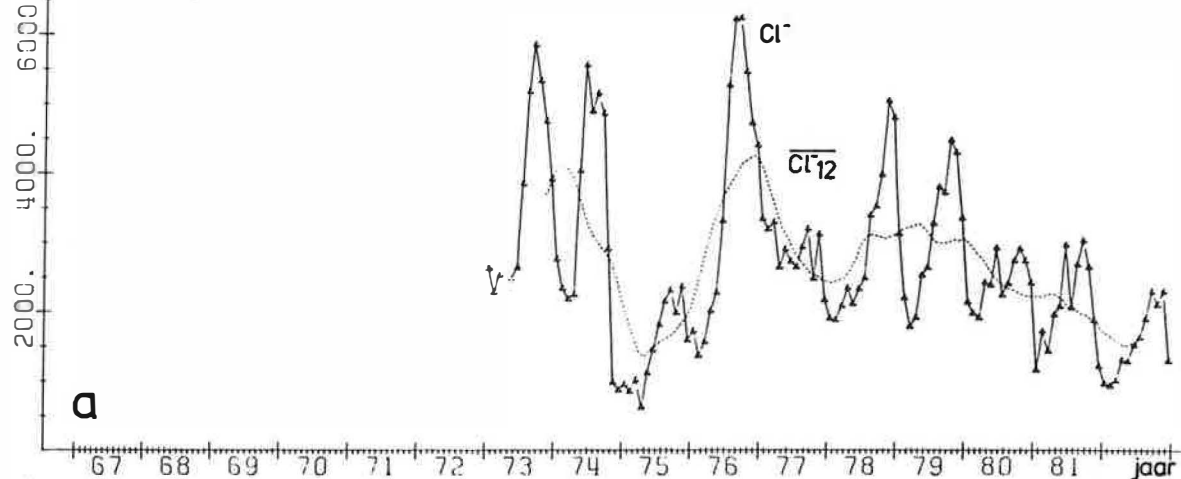


Fig. 40 : Chloridegehalte in de tijd in vak 11.

Cl<sup>-</sup> (MG/L)

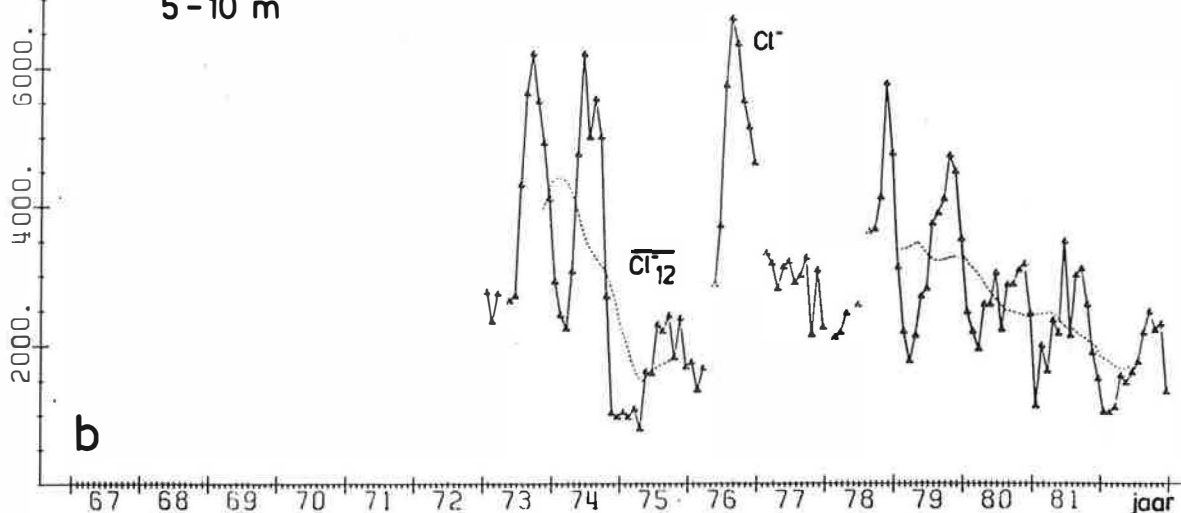
**VAK 18** 0-5 m

$\overline{Cl^-} =$  maandgemiddelde. 141.-  
 $\overline{Cl^-}_{12} =$  12 maandelijks symmetrisch voortschrijdend  
gemiddelde.



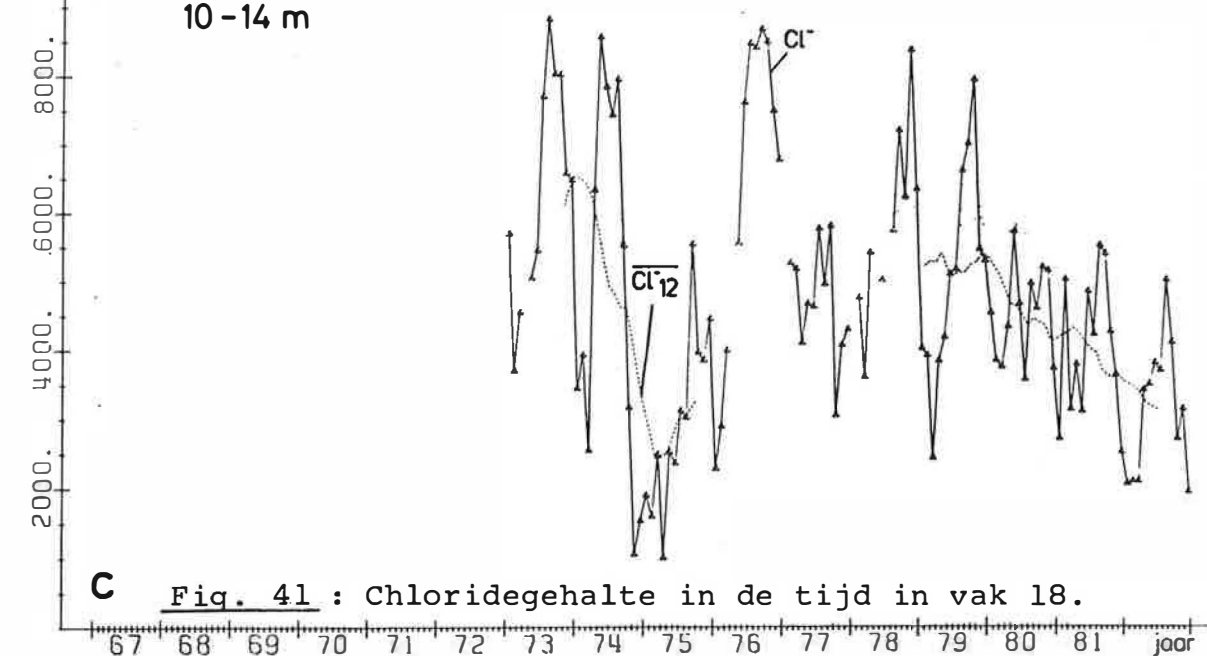
Cl<sup>-</sup> (MG/L)

5-10 m



Cl<sup>-</sup> (MG/L)

10-14 m



**Fig. 41** : Chloridegehalte in de tijd in vak 18.

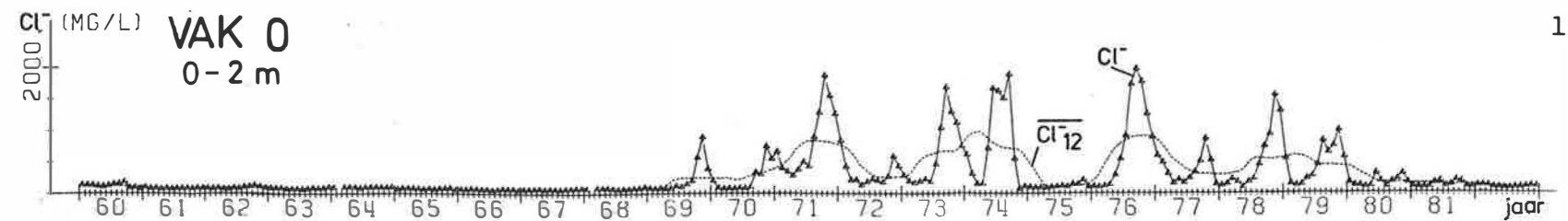


Fig. 36 : Chloridegehalte in de tijd in vak 0.

$\text{Cl}^-$  = maandgemiddelde.

$\text{Cl}_{12}^-$  = 12 maandelijks symmetrisch voortschrijdend gemiddelde.

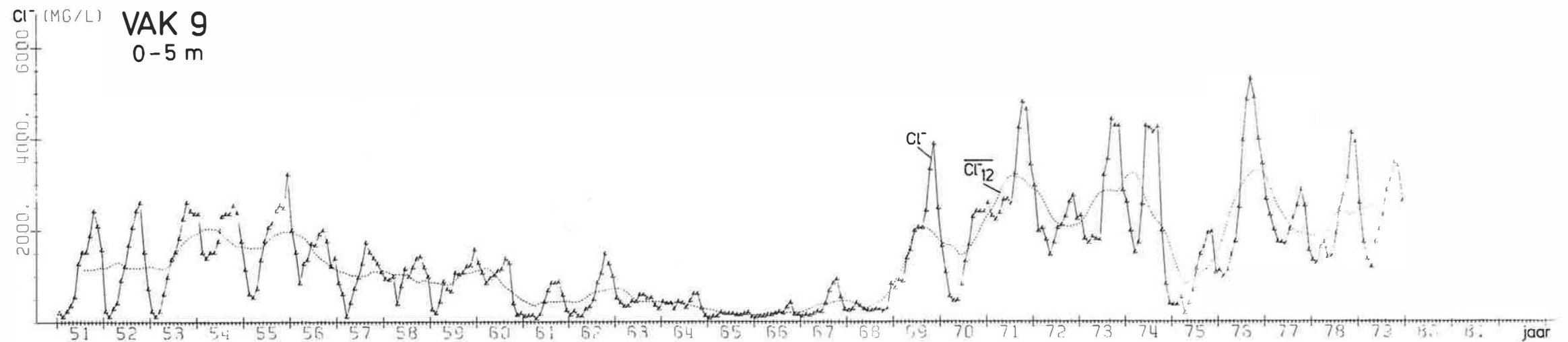


Fig. 39 : Chloridegehalte in de tijd in vak 9.

$\text{Cl}^-$  = maandgemiddelde.

$\text{Cl}_{12}^-$  = 12 maandelijks symmetrisch voortschrijdend gemiddelde.

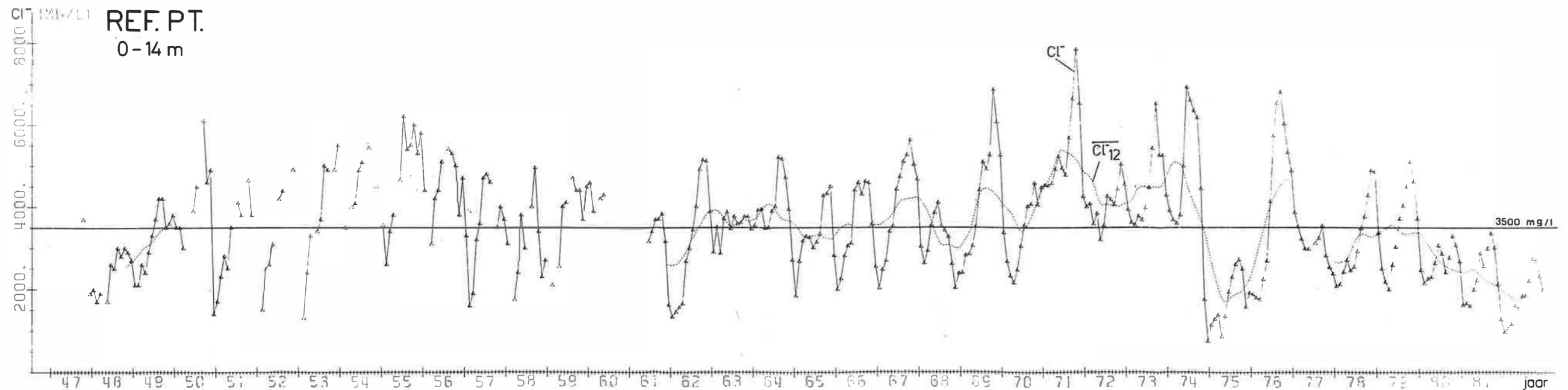


Fig. 42 : Chloridegehalte in de tijd in het referentiepunt.

$\text{Cl}^-$  = maandgemiddelde.

$\text{Cl}_{12}^-$  = 12 maandelijks symmetrisch voortschrijdend gemiddelde.



(fig. 40 a, b en c), vak 18 : 1, 2 en 3 (fig. 41 a, b en c) en het referentiepunt (fig. 42). De vakken 0 en 9 werden opgenomen omdat hierover een zeer lange reeks gegevens beschikbaar was.

Ieder punt in de grafieken stelt een maandgemiddelde voor dat werd berekend uit alle beschikbare gegevens van de betrokken maand, vak en diepte-interval. In het referentiepunt slaan de gemiddelden, zoals vermeld, op de volledige diepte. Voor alle grafieken werd ook het twaaalfmaandelijks voortschrijdend gemiddelde ( $\overline{Cl}_{12}$ ) berekend. Dit laat toe de algemene tendens beter te bepalen. De grafieken tonen aan dat :

- het verloop van het chloridegehalte in de tijd zeer grote schommelingen vertoont;
- de schommelingen een cyclisch karakter hebben met een periode van gemiddeld 1 jaar;
- de maxima en minima voor de schommelingen niet konstant zijn en veranderen van jaar tot jaar;
- de chlorideconcentratie toeneemt met de diepte;
- de chlorideconcentratie stijgt in de richting van de Westsluis te Terneuzen;
- de fluktuaties groter worden met de diepte.

Uit het verloop van de lange reeksen waarnemingen in de vakken 0 en 9 en in het referentiepunt (sinds 1/60 in vak 0, 1a (fig. 36), sinds 1/51 in vak 9, 1 (fig. 39) en sinds 10/47 in het ref.pt. (fig. 42) blijkt dat het kanaal Gent-Terneuzen vrijwel steeds verziltingsverschijnselen met een cyclisch karakter heeft vertoond. Niettemin kunnen enkele zoetere of zoutere perioden worden onderscheiden.

Sinds de openstelling van de Westsluis is de verziltingsgraad van het kanaal sterk toegenomen (fig. 39). De verzilting reikte verder stroomopwaarts dan voorheen. Voor zover de gegevens ons toelieten werd er voor het eerst een verzilting in het Handelsdok te Gent vastgesteld in de late zomer van 1969 (fig. 36).

Een opmerkelijke verzoeting van het kanaalwater trad echter in met de forse debietverhoging aan de Tolhuisstuw einde 1974 (fig. 29). De relatief zoete omstandigheden handhaafden zich tot in het voorjaar van 1976. Van dan af werden ze abrupt onderbroken door de extreem droge zomer en herfst van 1976. De absolute piek in de zoutconcentratie werd bereikt in oktober. Sindsdien is de algemene trend opnieuw dalend. Vooral vanaf 1/80 is de gemiddelde verziltingstoestand van het kanaalwater sterk verbeterd zoals systematisch blijkt uit het dalend verloop van het voortschrijdend gemiddelde van alle diagrammen (fig. 36 t.e.m. 42).

Hetzelfde verloop van de chlorideconcentratie ziet men in het referentiepunt. Terwijl het twaalfmaandelijks symmetrisch voortschrijdend gemiddelde gedurende de periode 1969-1974 nauwelijks onder de  $3.500 \text{ mg Cl}^-/\text{l}$  grens zakte was, afgezien van het uitzonderlijk jaar 1976, het omgekeerde waar voor de periode daarna. Vooral vanaf 1/80 is de tendens kontinu dalend en reiken zelfs de zoute zomerpieken niet meer boven voornoemde grens.

Gedurende de tijdsspanne 1/63-11/68 moet het Belgisch kanaalgedeelte vrij zoet zijn geweest, zo blijkt althans uit fig. 39. In de

voorafgaande jaren (tot 1/51) herkent men opnieuw het klassieke patroon van regelmatig op elkaar volgende zoutpieken. Gemiddeld was de chloridekoncentratie evenwel veel lager dan in de eerste periode na de openstelling van de Westsluis. De jaren 1/51-12/55 onderscheiden zich door de grote regelmaat waarop het kanaalwater zijn zoetste en zoutste punt bereikte nl. in februari-maart en oktober. Sinds 1/56 tot 1/65 was de tendens van het chloridegehalte vrijwel kontinu dalend. Ook in het referentiepunt onderscheidt men, hoewel veel minder uitgesproken, dezelfde tendenzen. Vooral de vrij zoete omstandigheden gedurende de jaren 1/63-11/68 komen hier niet duidelijk tot uiting.

#### 4.2.2. Moervaart

De bestudeerde informatie van het chloridegehalte in de Moervaart situeert zich op respectievelijk 1 km (brug Kennedylaan), 3 km (Mendonkbrug), 4,3 km (samenvloeiing Zuidlede-Moervaart) en 7,5 km (Wachtebekebrug) stroomopwaarts de monding van de Moervaart in het kanaal Gent-Terneuzen (fig. 43, 44, 45 en 46). Er werd ook een punt opgenomen van de Zuidlede aan het Provinciaal Domein Puyenbroeck ter hoogte van de kruising met de baan Zaffelare-Wachtebeke op 8 km van het kanaal Gent-Terneuzen (fig. 47).

Ondanks de onvolledige reeksen waarnemingen herkent men toch het cyclisch gedrag van het chloridegehalte zoals in het kanaal Gent-Terneuzen. Ter hoogte van de Kennedylaan (fig. 43) is het verloop ervan vrijwel identiek aan datgene in de bovenzone van het kanaal Gent-Terneuzen (fig. 37 a en 38 a). Weliswaar daalt de

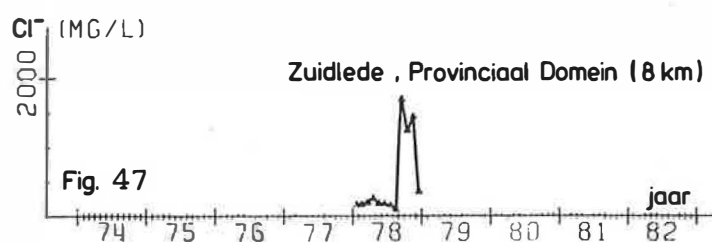
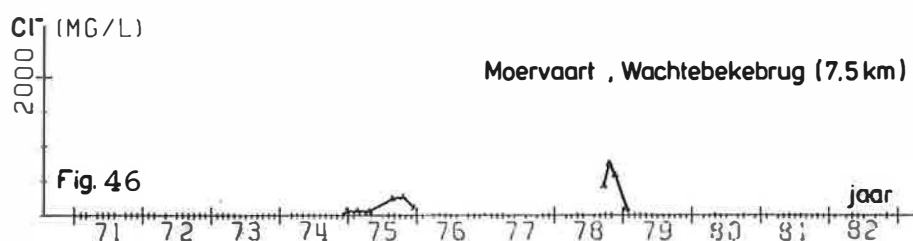
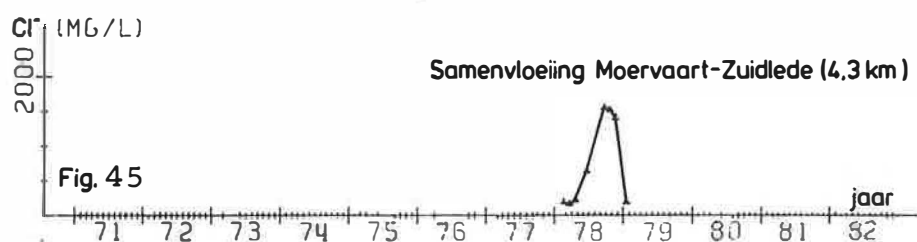
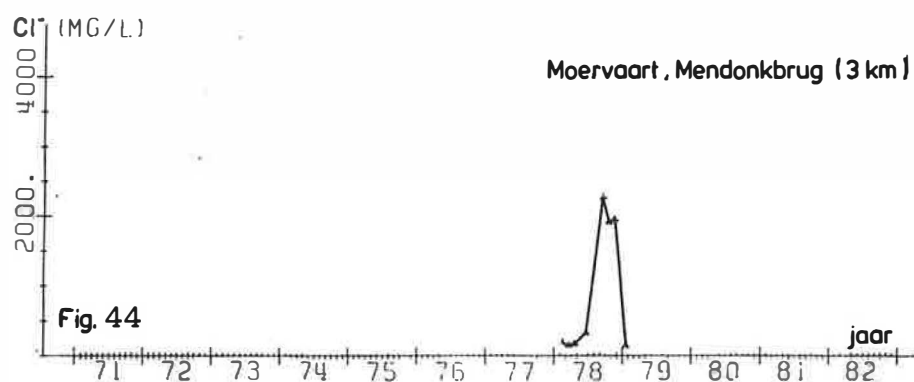
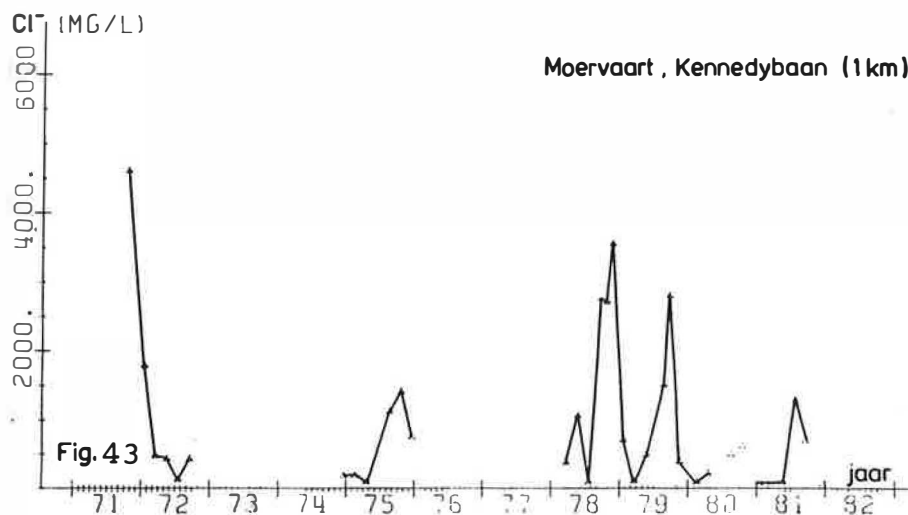


Fig. 43, 44, 45 en 46 : Verloop van het maandgemiddelde van het chloridegehalte in de tijd in verschillende punten van de Moervaart.

Fig. 47 : Verloop van het maandgemiddelde van het chloridegehalte in de tijd in de Zuidlede aan het Provinciaal Domein Puyenbroeck.

chloridekoncentratie in de vochtige periode, meer dan in het kanaal Gent-Terneuzen maar in het droge seizoen is ze even groot. Dit bewijst dat er dan op deze plaats puur kanaalwater aanwezig is. In die periode neemt de Moervaart dus water af van het kanaal. Gedurende het vochtige seizoen is het water zoeter in de Moervaart; dat staat de levering van extra debiet door de Moervaart aan het kanaal Gent-Terneuzen.

Ook in de verderop gelegen punten (fig. 44, 45, 46 en 47) neemt men voor het enige observatiejaar 1978 een vrijwel synkroon verlopende zoutpiek waar, evenwel met afnemende intensiteit naarmate men verder stroomopwaarts gaat. Aan Wachtebekebrug (op 7,5 km van de Moervaartmonding) (fig. 46) is de piek sterk afgezwakt maar in het even ver gelegen punt op de Zuidlede aan het Domein Puyenbroeck (fig. 47) bedraagt hij nog steeds ongeveer 50% van de overeenkomstige zoutpiek in het kanaal Gent-Terneuzen (fig. 37 a en 38 a).

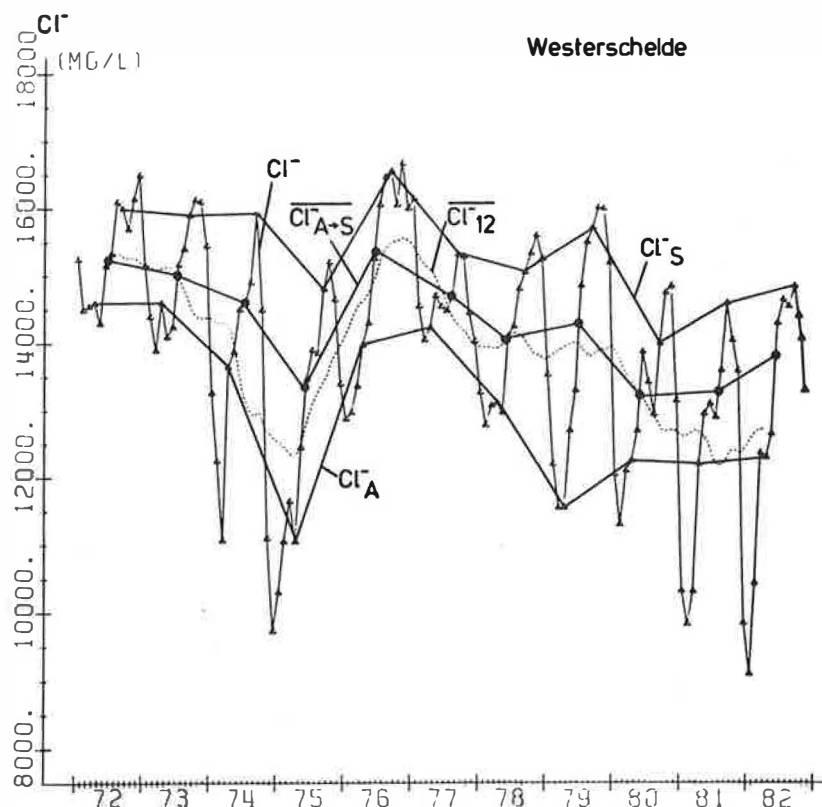
Men stelt ook vast dat de zoutpiek in de Zuidlede plots opdaagt en weer verdwijnt wat waarschijnlijk te wijten is aan een snelle omkering van het debiet in de ene of andere zin.

#### Besluit

Gedurende het droge seizoen (april-september) neemt het Moervaartbekken kanaalwater af. Gedurende het vochtige seizoen levert het Moervaartbekken extra debiet aan het kanaal Gent-Terneuzen.

## 4.2.3. Westerschelde

Eén waarnemingspunt op ongeveer 1 km ten noorden van de jachthaven van Terneuzen werd onderzocht (fig. 48). Het punt kan als representatief worden beschouwd voor het Scheldewater dat in het kanaal komt.



**Fig. 48** : Verloop van het maandgemiddelde van het chloridegehalte in de tijd in de Westerschelde.

$\text{Cl}^-$  = maandgemiddelde.

$\text{Cl}^-_{12}$  = 12 maandelijks symmetrisch voortschrijdend gemiddelde.

$\text{Cl}^-_A$  = maandgemiddelde van april.

$\text{Cl}^-_S$  = maandgemiddelde van september.

$\text{Cl}^-_{A \rightarrow S}$  = gemiddelde van april tot en met september.

Zoals in het kanaal Gent-Terneuzen stelt, men ook hier jaarlijkse cycli vast in de zout-koncentratie. In vergelijking met de grafiek van het referentiepunt (fig. 42) verlopen de schommelingen vrijwel synkroon maar op een veel hoger niveau (11.000 tot 16.500 mg  $\text{Cl}^-/\text{l}$ ). Opmerkelijk is ook het verloop van het voortschrijdend gemiddelde  $\overline{\text{Cl}}_{12}^-$  in beide grafieken. De tendens en de grootte van de veranderingen zijn vrijwel identiek. Men zou hieruit kunnen besluiten dat de concentratieschommelingen van de chloriden in de Westerschelde rechtstreeks de schommelingen bepalen in het kanaal Gent-Terneuzen.

Deze interpretatie moet echter genuanceerd worden. Het gelijklopend aspect van de chloridekoncentratie is vermoedelijk vooral te wijten aan het gelijkaardig effect van de seizoenen op de debieten in beide systemen. Bovendien zijn de overeenkomstige chlorideschommelingen in de Westerschelde en in het kanaal Gent-Terneuzen soms van een duidelijk andere grootteorde.

In werkelijkheid dienen de chloridesprongen in de Westerschelde te worden afgezwakt wanneer men bedenkt dat het Scheldewater, dat effectief bijdraagt tot de verzilting van het kanaal, vooral binnenkomt gedurende de maanden april t.e.m. september (lijnen  $\text{Cl}_A^-$  en  $\text{Cl}_S^-$  in fig. 48). Uit de gemiddelde chlorideconcentratie voor de maanden april t.e.m. september (lijn  $\overline{\text{Cl}}_{A \rightarrow S}^-$ ) volgt eveneens een veel vlakker verloop (maximum schommeling beperkt tot 2.000 mg  $\text{Cl}^-/\text{l}$ ) dan zou blijken uit  $\overline{\text{Cl}}_{12}^-$  (fig. 48).

Kortom, men kan aannemen dat de chlorideschommelingen in de Westerschelde van minder

belang zijn voor die in het kanaal Gent-Terneuzen, althans bij de huidige  $D_{\text{Tolhuis}}$  van 15 tot 22 m<sup>3</sup>/s. Bij lage  $D_{\text{Tolhuis}}$  kan echter wel een stijgend belang ervan worden verwacht. De juiste betekenis van de chlorideschommelingen in de Westerschelde op de kanaalwaterkwaliteit zal evenwel slechts blijken wanneer ze het onderwerp uitmaken van een uitvoeriger studie.

#### 4.3. Gemiddeld chloridegehalte per maand

Het gemiddeld chloridegehalte per maand over een lange periode laat toe algemene inlichtingen te verkrijgen over het gemiddeld verloop van een jaarlijkse zoet-zoutcyclus. De berekening werd uitgevoerd voor de vakken 4, 8, 11 en 18, telkens voor de drie diepteintervallen (1, 2 en 3) (fig. 49, 50, 51 en 52) en voor het punt in de Westerschelde (fig. 53). De tijdsspanne loopt van 10/74 t.e.m. 12/82. Gezien de grote schommelingen van de chlorideconcentratie en de veranderingen van jaar tot jaar is het nodig over vrijwel continu reeksen waarnemingen te beschikken wat hier voor alle vakken en punten is voldaan.

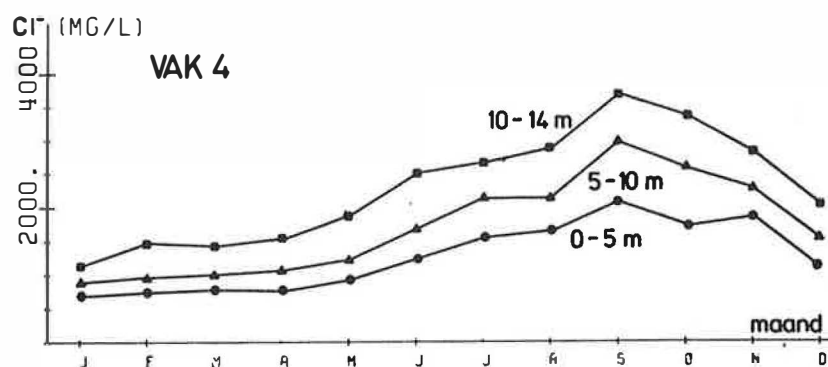
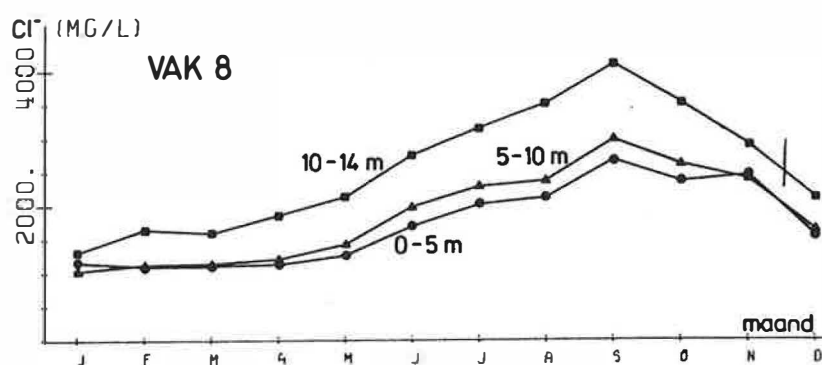
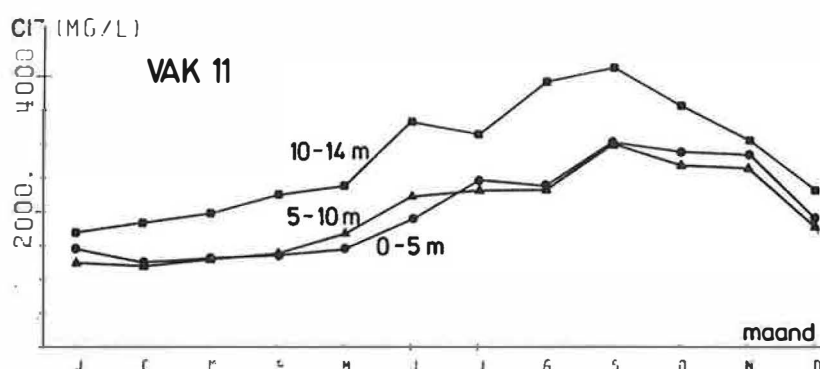


Fig. 49 : Gemiddeld chloridegehalte per maand in vak 4 voor de periode 10/74-12/82.

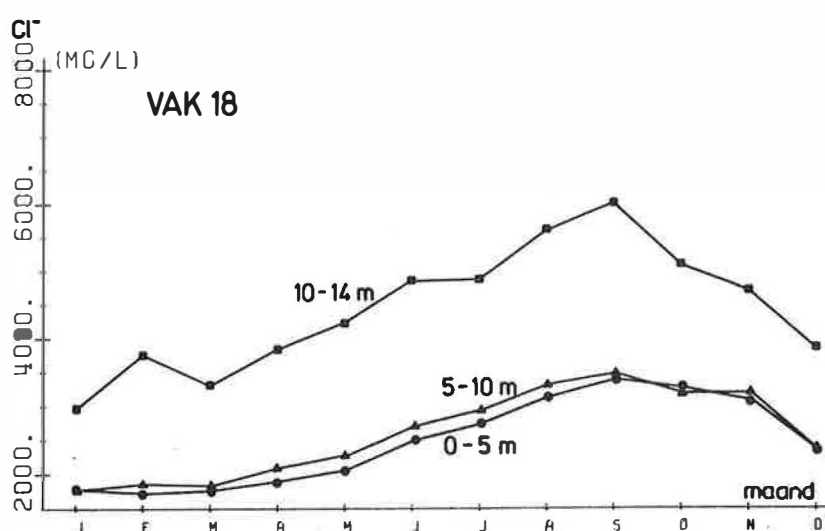




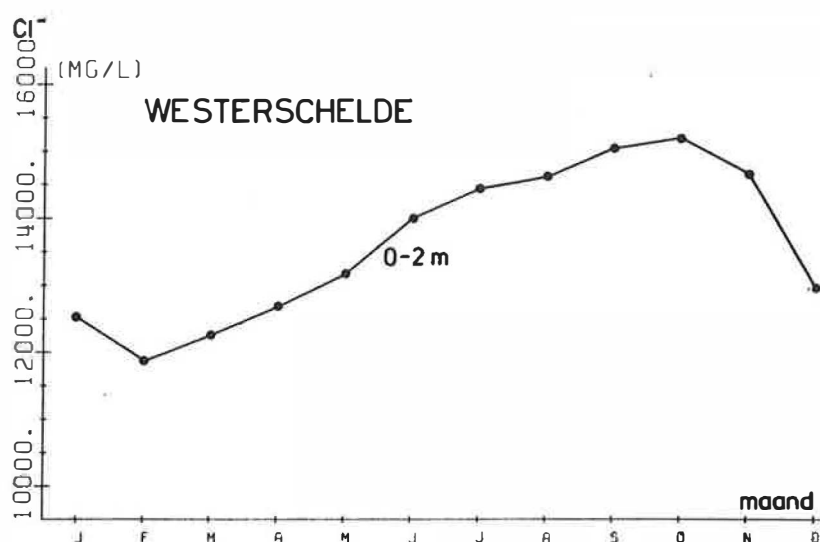
**Fig. 50** : Gemiddeld chloridegehalte per maand in vak 8 voor de periode 10/74-12/82.



**Fig. 51** : Gemiddeld chloridegehalte per maand in vak 11 voor de periode 10/74-12/82.



**Fig. 52** : Gemiddeld chloridegehalte per maand in vak 18 voor de periode 10/74-12/82.



**Fig. 53** : Gemiddeld chloridegehalte per maand in de Westerschelde voor de periode 10/74-12/82.

Vak	Diepte-interval	Zoetste maand	Zoutste maand	Maand waarin Cl <sup>-</sup> duidelijk begint	
				te stijgen	te dalen
4	0-5	jan	sep	mei	dec
	5-10	jan	sep	mei	okt
	10-14	jan	sep	apr	okt
8	0-5	feb	sep	mei	dec
	5-10	jan	sep	mei	okt
	10-14	jan	sep	apr	okt
11	0-5	feb	sep	jun	dec
	5-10	feb	sep	mei	dec
	10-14	jan	sep	apr	okt
18	0-5	feb	sep	apr	dec
	5-10	jan	sep	apr	dec
	10-14	jan	sep	apr	okt
	0-2	feb	okt	mrt	dec

**Tabel 30** : Zoetste en zoutste maanden en maanden waarin het chloridegehalte duidelijk stijgt of daalt.

De informatie omtrent de zoetste en de zoutste maanden en de maanden waarin de chloridekoncentratie duidelijk begint te stijgen of te dalen werd samengebracht in tabel 30.

Het kanaalwater is overtuigend op zijn zoetst in januari en op zijn zoutst in september. In het bovenste diepte-interval (0-5 m) is februari meestal de zoetste maand maar de verschillen met januari zijn zeer klein.

De duidelijke aanzet van de chloridestijging gebeurt niet overal tegelijk. Ze wordt het eerst merkbaar bij de Westsluis (in april) en vrijwel tegelijkertijd (in dezelfde maand) overal in de onderste zone van het kanaal (10-14 m). De twee bovenliggende diepteintervallen reageren met ongeveer een maand vertraging (mei).

Ook de aanzet van de chloridedaling is functie van plaats en van tijd. De onderste zone reageert opnieuw eerst (oktober) en de bovenste het laatst (december). De middelste zone heeft de neiging om in het Belgisch kanaalgedeelte samen met de onderste zone te evolueren terwijl ze in het Nederlandse deel met de bovenste zone evolueert. De verzoeting gebeurt gemiddeld dus eerst stroomopwaarts.

Uit de grafieken is nog het volgende af te leiden :

- De absolute schommeling van de gemiddelde chloridekoncentratie per maand over een jaar neemt toe met de diepte. De grootste sprong gebeurt evenwel duidelijk onderaan in het kanaal. De sprong neemt ook stroomafwaarts lichtjes toe.
- De chloridekoncentraties in de bovenste en middelste zones verschillen weinig van elkaar. Waarschijnlijk is dit te verklaren door een intense vermenging ten gevolge van schroefwater. De onderste zone zou

- minder gemengd worden omdat er minder grote schepen in het kanaal varen dan middelgrote en kleine.
- De jaarcyclus heeft een assymetrisch verloop met een enigszins concave oplopende en een convexe dalende tak. Dit wil zeggen dat de grootste chloride-toename en -afname zich situeert respectievelijk nabij het maximum en het minimum.
  - De stijging van de chlorideconcentratie (6 maanden : april-september) duurt langer dan de daling (ca. 4 maanden : oktober-januari).
  - Onderaan in het kanaal bereikt de chlorideconcentratie een duidelijke top (10-14 m). In de middelste zone is er neiging tot afplatting naarmate men de zeesluis nadert. De top is steeds afgeplat in de bovenste zone (0-5 m). Deze tendens is waarschijnlijk ook te verklaren door een intense vermenging van het water bovenaan in het kanaal.

Het verloop van het gemiddeld maandgemiddelde van het chloridegehalte in het waarnemingspunt van de Westerschelde lijkt goed op dat van het kanaal. Niettemin zijn er in detail enkele verschillen. De zoetste maand is duidelijk februari en de zoutste is oktober. De stijging zet onmiddellijk aan na de zoetste maand maar is gespreid over 8 maanden en is vrij rechtlijnig. De daling is zeer fors en beslaat 4 maanden.

#### 4.4. Verloop van het chloridegehalte in afstand en diepte in het kanaal Gent-Terneuzen

De verdeling van het chloridegehalte in het kanaal Gent-Terneuzen in afstand, diepte en tijd werd bestudeerd aan de hand van 20 doorsneden (fig. 54 t.e.m. 58). Rekening houdend met de jaarcyclus van het chloridegehalte werd geopteerd om de chloridetoestand per kwartaal voor te stellen. Het eerste kwartaal komt overeen met de zoetste toestand in de kanaal; gedurende

het tweede en derde kwartaal stijgt de chloride-koncentratie en in het laatste kwartaal treedt de daling op.

De jaren 1973, 1974 en 1976, waarin zeer grote chlorideschommelingen voorkwamen en waarin tevens de grootste chloridekoncentraties werden waargenomen, werden weerhouden (fig. 54, 55 en 56 telkens a, b, c en d). 1974 onderscheidt zich bovendien door zijn uitzonderlijk nat najaar en de hiermee gepaard gaande forse debiettoename aan de Tolhuisstuw. 1976 is interessant gezien zijn uitzonderlijke droogte.

Er werd ook een jaar bestudeerd met een relatief groot en vrijwel konstant Tolhuisdebiet, nl. 1982 (fig. 57 a, b, c en d). Tenslotte werd de gemiddelde toestand per kwartaal berekend voor de periode 10/74-12/82 (fig. 58 a, b, c en d).

Om de lijnen van gelijke chloridekoncentratie te trekken werd een gemiddelde concentratie over het betreffende kwartaal per vak en daarin per opeenvolgend niveau van 2 m dikte berekend. De Tolhuisdebieten voor 1973, 1974, 1976 en 1982 zijn vergroot weergegeven in fig. 59.

De doorsneden laten onder meer volgende opmerkingen toe :

- Het kanaalwater heeft een gelaagde bouw voor wat betreft het chloride- en dus het zoutgehalte. In de onderste twee diepte-intervallen (5-14 m) is de gelaagdheid in essentie subhorizontaal, in het bovenste interval (0-5 m) schuin tot subvertikaal.
- De gradiënt van het chloridegehalte verandert in afstand, diepte en tijd. Hij neemt stroomafwaarts en met toenemende diepte toe. De gradiënt is relatief groot in de onderste helft en relatief klein tot zeer klein in de bovenste helft van het kanaal.

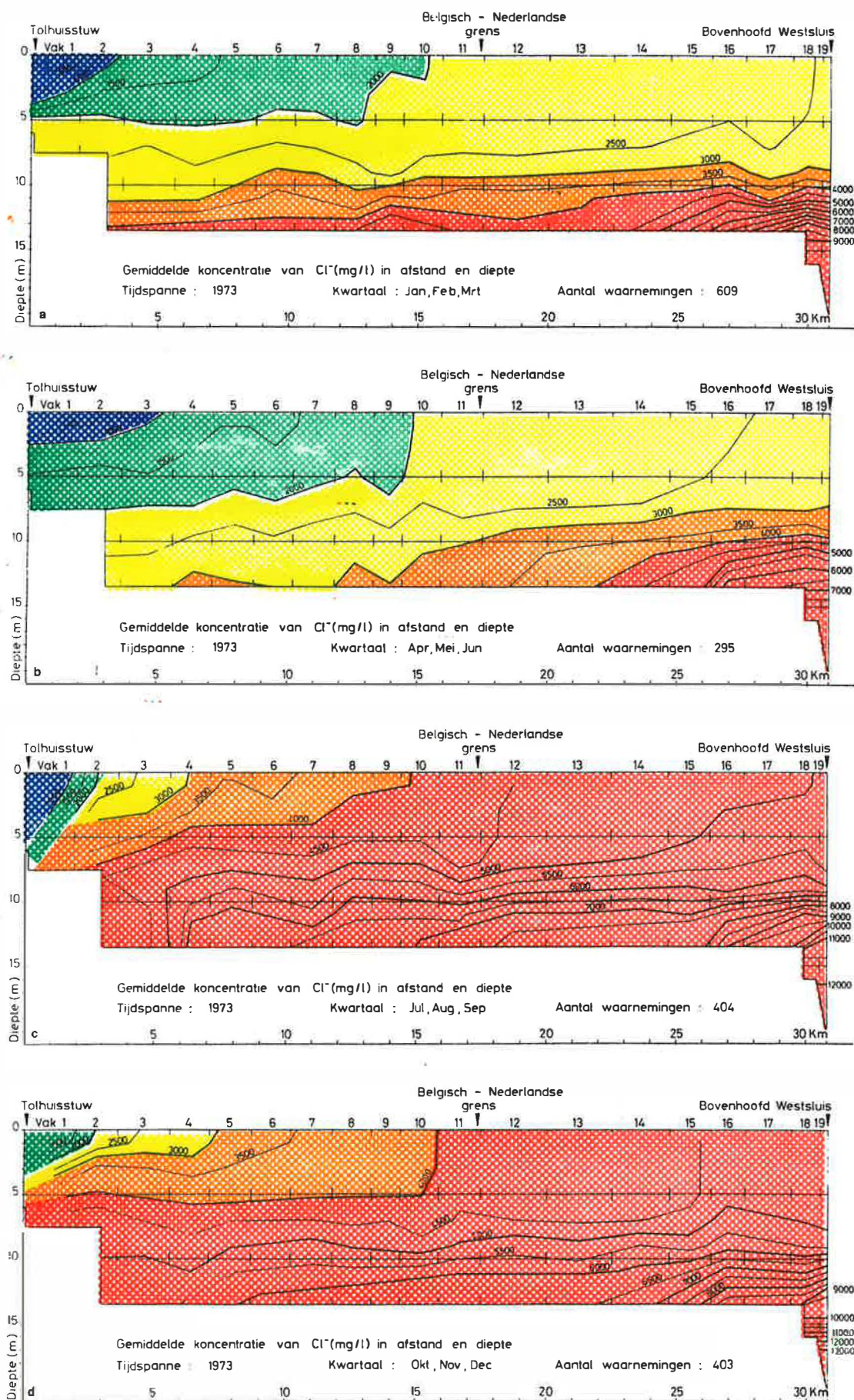


Fig. 54 : Gemiddelde chlorideconcentratie per kwartaal in de afstand en de diepte in 1973.



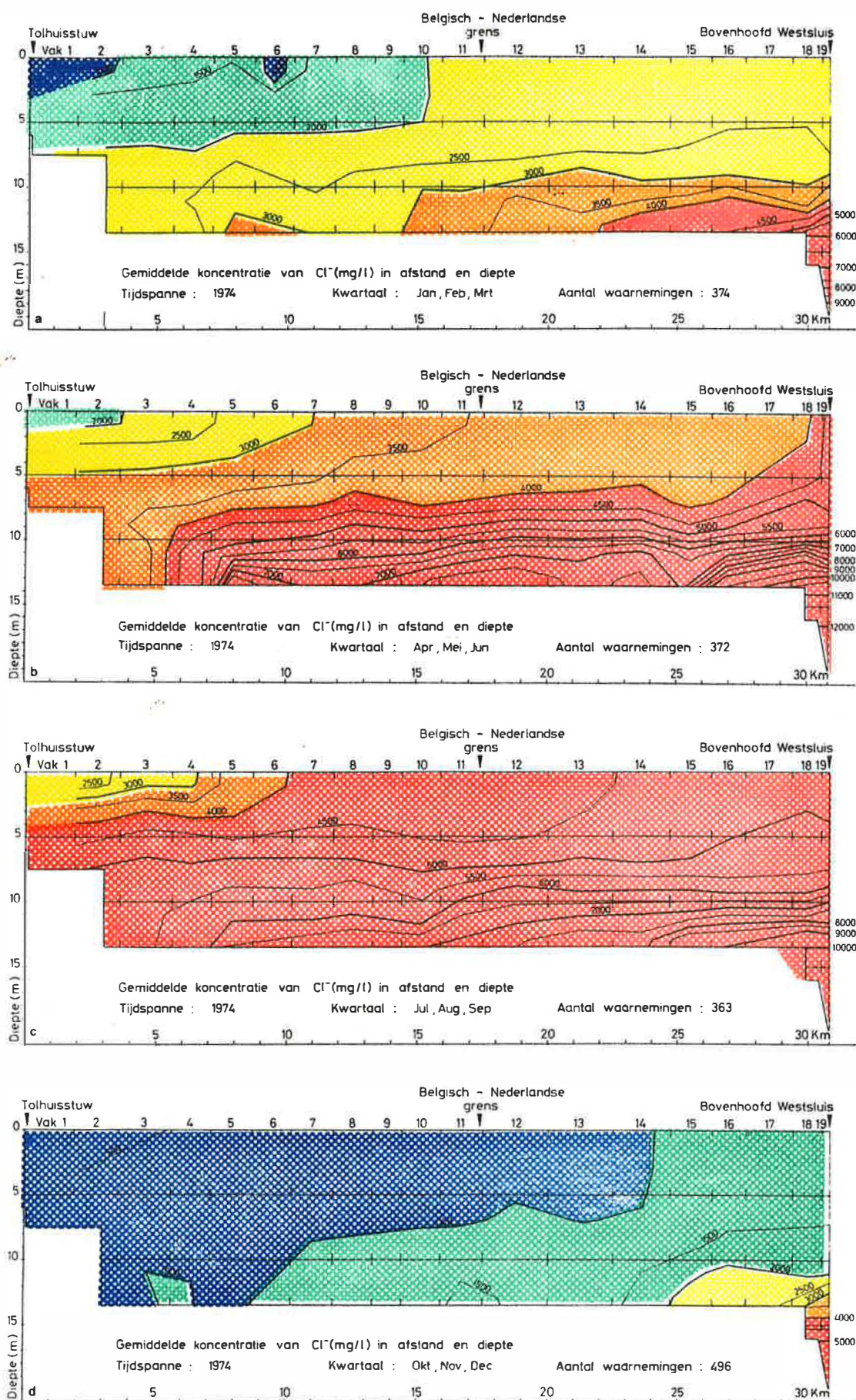


Fig. 55 : Gemiddelde chlorideconcentratie per kwartaal in de afstand en de diepte in 1974.



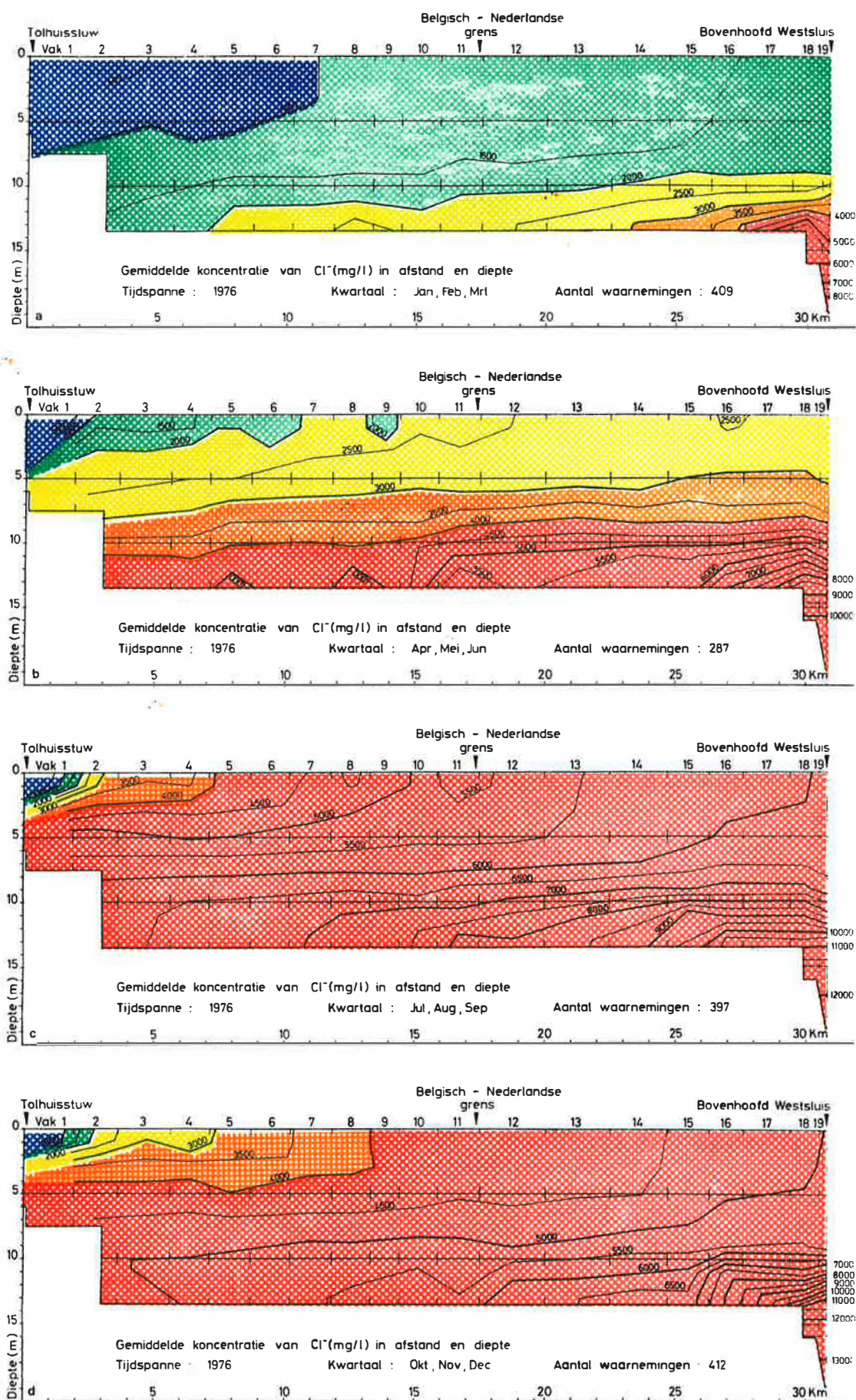


Fig. 56 : Gemiddelde chlorideconcentratie per kwartaal in de afstand en de diepte in 1976.



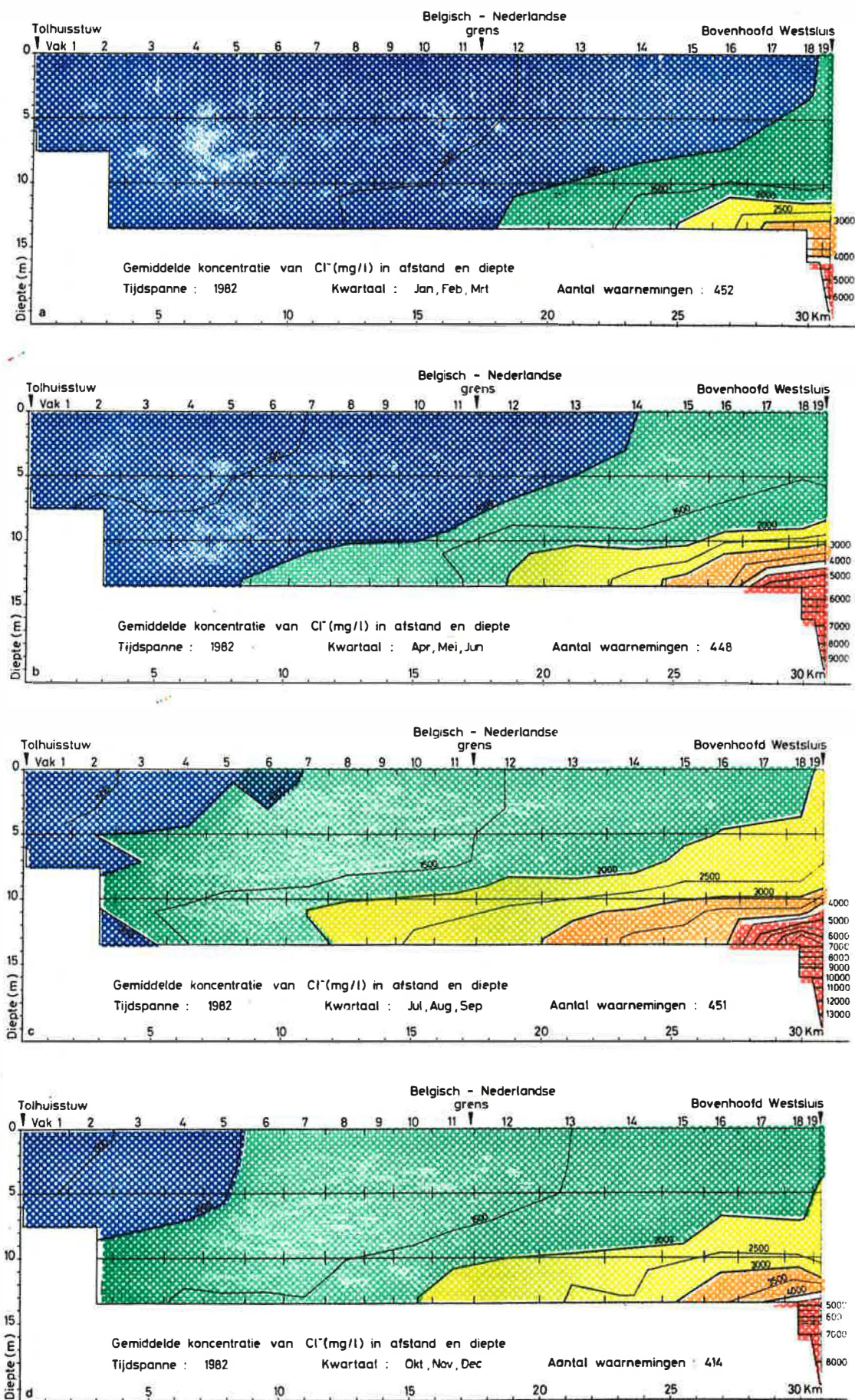


Fig. 57 : Gemiddelde chlorideconcentratie per kwartaal in de afstand en de diepte in 1982.



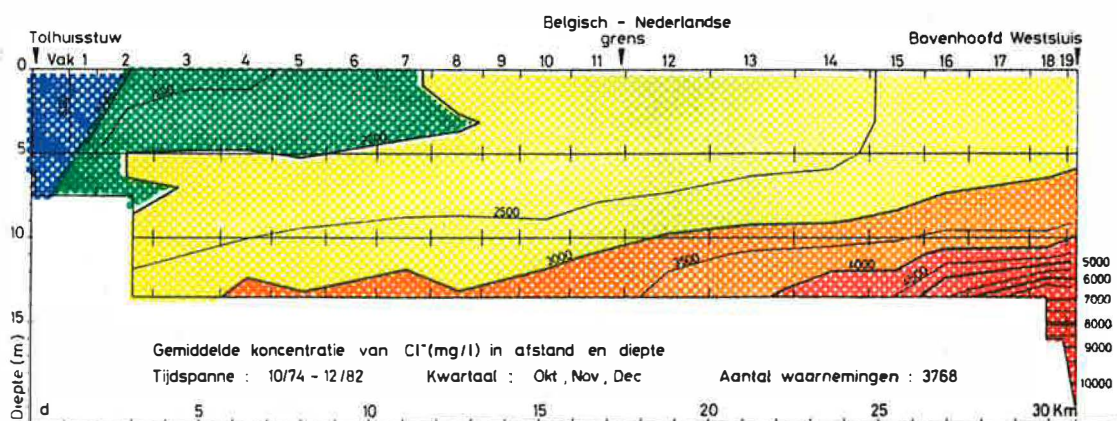
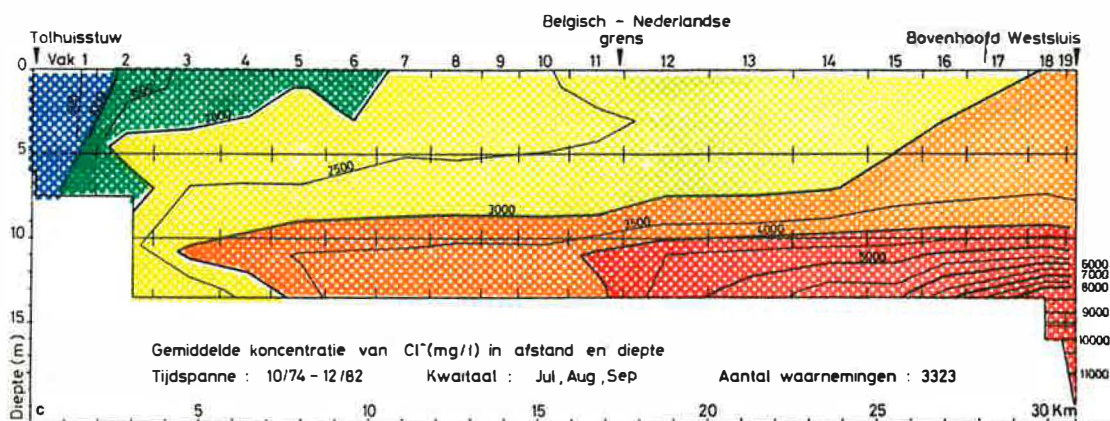
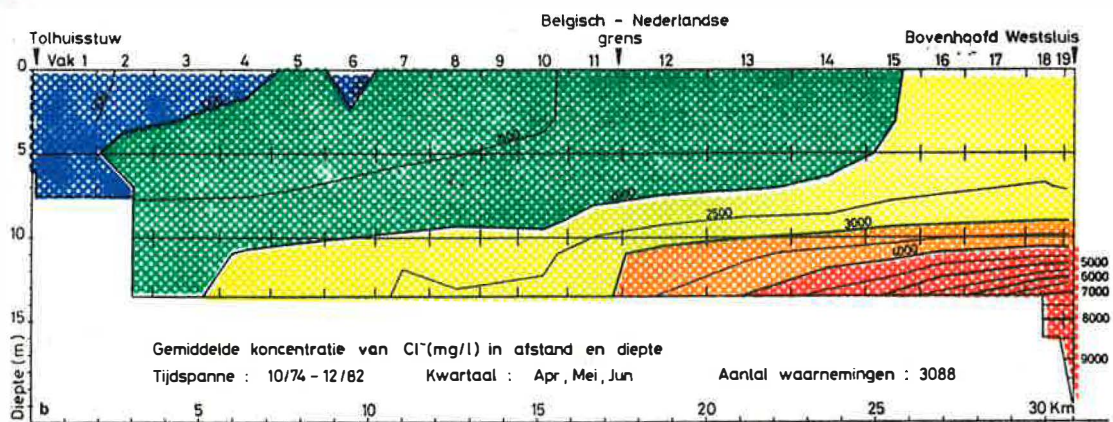
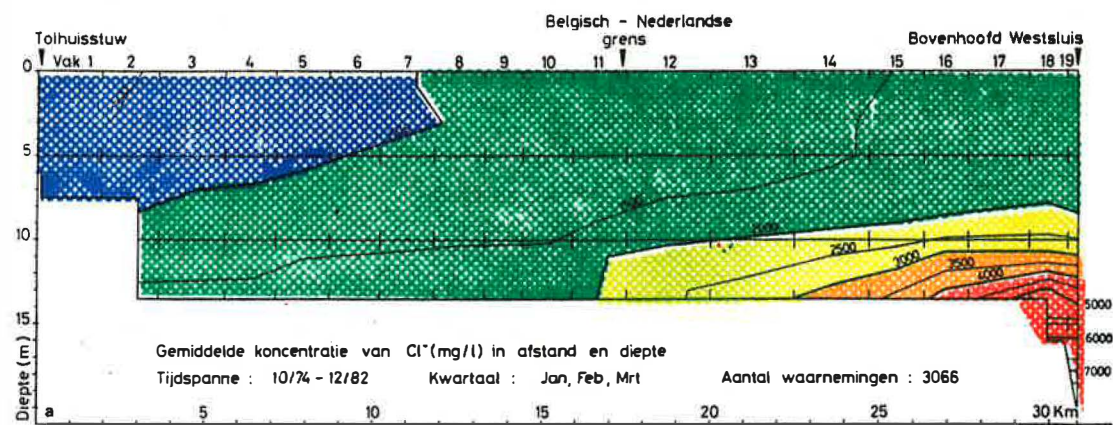
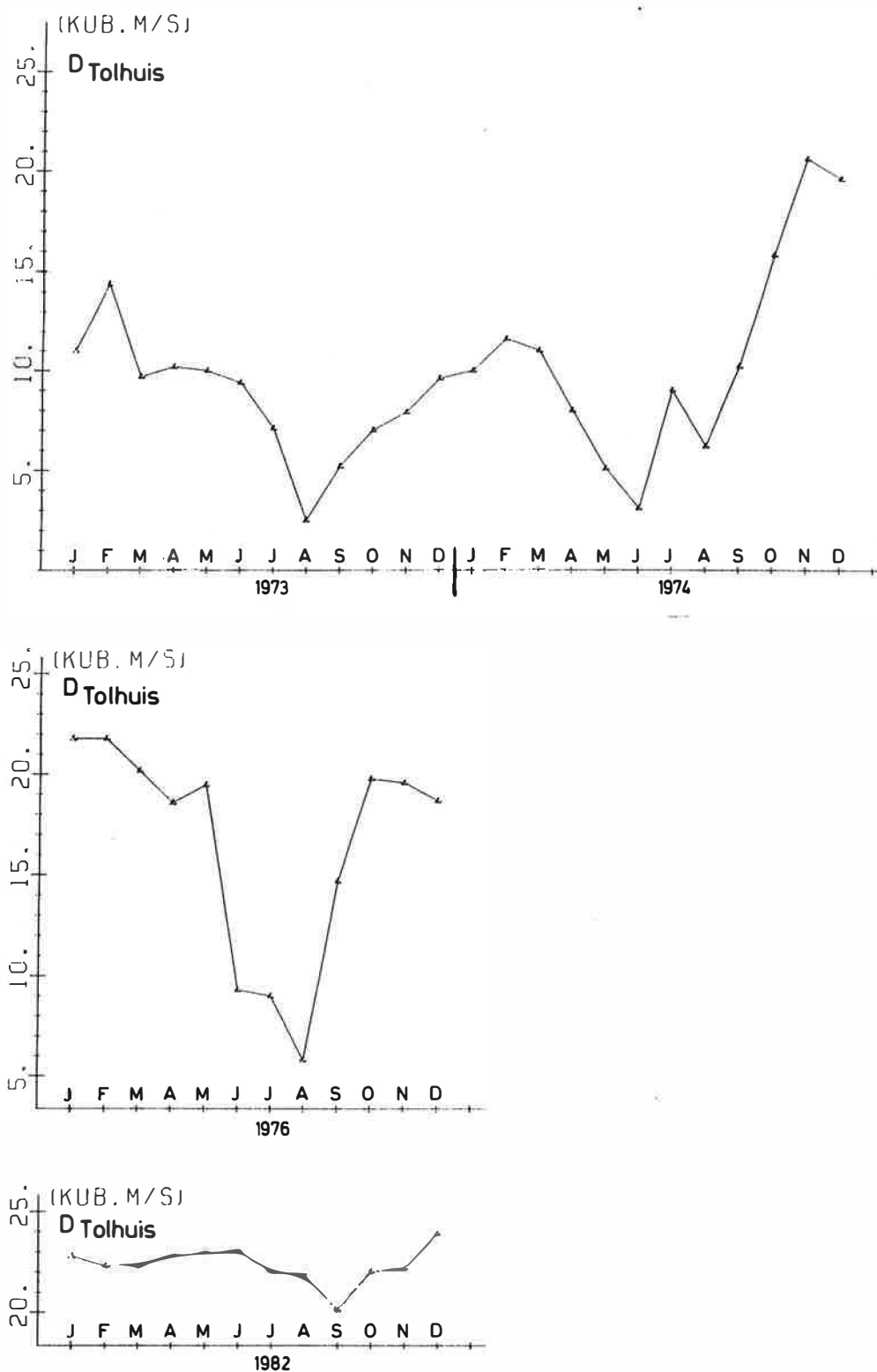


Fig. 58 : Gemiddelde chlorideconcentratie per kwartaal in de afstand en de diepte in de periode 10/74-12/82.



**Fig. 59 :** Verloop van het maandgemiddelde van het debiet  
aan de Tolhuisstuw voor 1973, 1974, 1976 en 1982.

- In het zoutste kwartaal ( $3^e$ ) van zeer zoute jaren (1973, 1974 en 1976; fig. 54 c, 55 c en 56 c) kan de chloridekoncentratie nabij de voet van de Tolhuisstuw stijgen tot 4.000 à 5.000 mg  $\text{Cl}^-/\text{l}$ . Onderaan het Belgisch kanaalgedeelte meet men dan waarden van 5.000 tot 8.000 mg  $\text{Cl}^-/\text{l}$  en in het Nederlands kanaalgedeelte waarden van 7.000 tot 10.000 mg  $\text{Cl}^-/\text{l}$ .
- De toestand kan zeer snel wijzigen (orde van een maand) zoals blijkt uit de laatste twee kwartalen van 1974 (fig. 55 c en d). De 3.000 mg/l lijn wordt dan van aan de Tolhuisstuw volledig teruggedrongen tot in de zoutkom van de Westsluis. Een en ander houdt duidelijk verband met de forse toename van het debiet aan de Tolhuisstuw in het laatste kwartaal van dit jaar (fig. 59).
- Uit het verloop van  $D_{\text{Tolhuis}}$  en de chloridetoestand in het kanaal in 1973, 1974 en 1976 kan men afleiden dat er een duidelijk verband moet bestaan tussen beiden. Alhoewel  $D_{\text{Tolhuis}}$  vrij konstant was ( $\bar{x} + s = 22,4 \pm 0,9 \text{ m}^3/\text{s}$ ) kende de chloridekoncentratie van het kanaalwater in 1982 eveneens een seizoengebonden verloop. Naar onze mening zijn vooral de extra verliezen en voedingen hiervan de oorzaak.

In fig. 60 is het chlorideverloop in de afstand en per diepte-interval uitgezet voor de analyses uitgevoerd bij deze opdracht. We bemerken stroomafwaarts en met toenemende diepte een toename van de concentratie. De afbuiging tussen het meetpunt aan de Belgisch-Nederlandse grens en het eerste meetpunt in het Nederlands kanaalgedeelte is te wijten aan het feit dat de punten in het Nederlands kanaalgedeelte slechts bij 4 prospecties bemonsterd werden. Bij de 2 prospecties waar de bemonstering alleen in het Belgisch kanaalgedeelte uitgevoerd werd waren de chloridekoncentraties hoger. Het verloop is voor de 3 diepte-intervallen gelijkaardig met echter een toenemend verschil tussen

het tweede en derde diepte-interval in de stroomafwaarts richting. Voor het diepte-interval 0-5 m is de chlorideconcentratie aan de Tolhuisstuw 101, aan de Belgisch-Nederlandse grens 849 en in vak 18 (na-bij Terneuzen) 1208 mg/l. Voor het diepte-interval 5-10 m is dit in vak 2 560, aan de Belgisch-Nederlandse grens 1108 en in vak 18 1366 mg/l. Tenslotte is de chlorideconcentratie voor het diepte-interval 10-14 m in vak 3 935, aan de Belgisch-Nederlandse grens 1631 en in vak 18 3093 mg/l. Het gemiddeld chloridegehalte voor vak (4,5) is voor het eerste, tweede en derde diepte-interval 586, 793 en 1139  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en voor vak (6,7,8,9,10,11) 843, 1028 en 1497  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

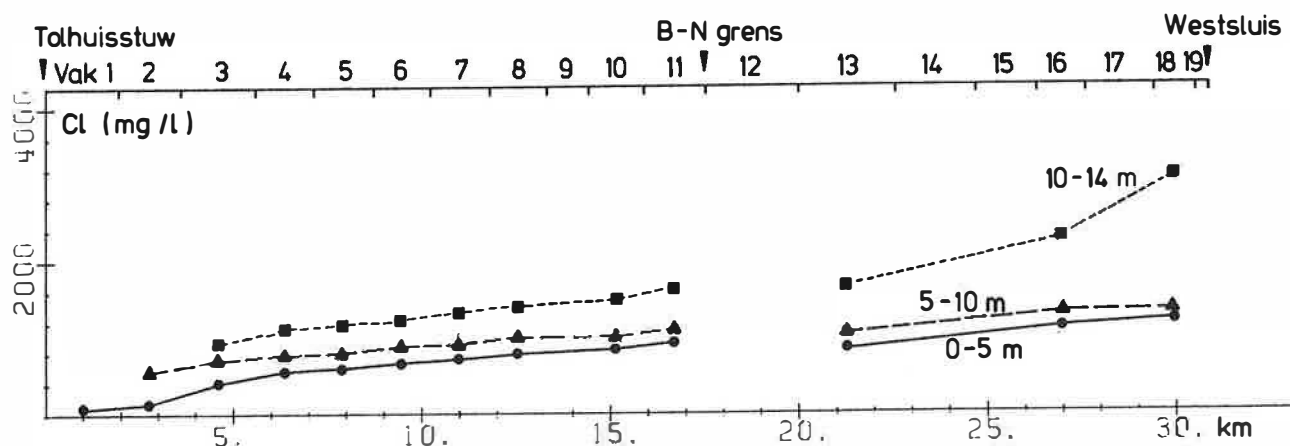


Fig. 60 : Chloridegehalte t.o.v. de plaats in het kanaal (08/81-2/83).

#### 4.5. Verband chloridegehalte-debiet Tolhuisstuw

##### 4.5.1. Beperkingen

Bij het bestuderen van het verband tussen het chloridegehalte en  $D_{\text{Tolhuis}}$  was het nodig, enkele gegevens als onveranderlijk te beschouwen. De factoren die het chloridegehalte in het kanaal Gent-Terneuzen bepalen zijn :

- het debiet;
- de stroomsnelheid van het water;
- het chloridegehalte van de Westerschelde;
- de kwaliteit van het voedingswater;
- de kwaliteit van het lozingswater.

Er zijn geen korrekte gegevens voorhanden over de stroomsnelheid op een bepaalde plaats in het kanaal. De gemiddelde stroomsnelheid over een bepaalde sectie is evenwel recht evenredig met het doorstromende debiet en omgekeerd evenredig met de oppervlakte van de doorsnede. Als deze laatste konstant is is de bepalende faktor nog enkel het debiet. Eerder werd aangetoond dat het werkelijke debiet op een bepaalde plaats niet gelijk hoeft te zijn aan datgene aan de bron ( $D_{\text{Tolhuis}}$ ). Rekening houdend met seizoenfactoren kunnen er belangrijke min- en vooral meerwaarden worden verwacht. Er werden ook abnormaal grote verschillen vastgesteld tussen  $D_{\text{Tolhuis}}$  en  $D_{\text{Terneuzen}}$ , vermoedelijk tengevolge van de onnauwkeurige bepaling van deze laatste. In deze analyse wordt daarom verondersteld dat het debiet op het kanaal Gent-Terneuzen overal  $D_{\text{Tolhuis}}$  is en dat de stroomsnelheid hiermee rechtstreeks evenredig is.

De eerder geringe betekenis van de chlorideschommelingen in de Westerschelde op het kanaalwater werd toegelicht in 4.2.3. Er wordt hier aangenomen dat het chloridegehalte van de Westerschelde niet bepalend is voor dit in het kanaal.

De chloridekoncentratie van het voedingswater aan de Tolhuisstuw ligt gemiddeld onder de  $150 \text{ mg Cl}^-/\text{l}$  en wordt eveneens als konstant beschouwd.

Over de kwaliteit van het lozingswater werden ons geen gegevens beschikbaar gesteld. Naar verwachting zou de invloed ervan op de  $\text{Cl}^-$ -concentratie in het kanaal gering zijn.

#### 4.5.2. Korrelaties

Het verband tussen het chloridegehalte en  $D_{\text{Tolhuis}}$  werd bestudeerd voor de vakken 4, 8, 11 en 18, telkens afzonderlijk voor de drie diepte-intervallen (0-5 m, 5-10 m en 10-14 m). Voor verschillende perioden werden maandgemiddelden voor het chloridegehalte in het betreffende vak en diepte-interval uitgezet t.o.v. het overeenkomstige maandgemiddelde van  $D_{\text{Tolhuis}}$ . De relatie werd nagegaan met de regressieanalyse. De korrelatie werd bestudeerd vanaf het openstellen van de Westsluis in december 1968. Vanaf dan is de geometrie van het kanaal Gent-Terneuzen niet meer gewijzigd.

Volgende perioden werden bestudeerd :

- de globale periode 12/68-12/82;
- jaren met grote  $D_{\text{Tolhuis}}$ -schommelingen nl. 1973, 1974 en 1976;
- een jaar met kleine  $D_{\text{Tolhuis}}$ -schommelingen nl. 1982.

De keuze van de best passende kromme gebeurde in principe op grond van de maximum determinatiecoëfficiënt ( $r^2$ ). Niettemin werd de eenvoudigste relatie (rechte) gekozen als de  $r^2$  ervan niet noemenswaardig (minder dan 10%) kleiner was.

Uit de verschillende korrelaties kan het volgende opgemerkt worden :

- de beste korrelatiegraad ( $r^2$ ) werd systematisch verkregen bij de jaren met grote  $D_{\text{Tolhuis}}$ -schommelingen nl. 1973, 1974 en 1976 ( $r^2$  gemiddeld 0,60);
- voor het jaar met kleine  $D_{\text{Tolhuis}}$ -schommelingen (1982) was  $r^2$  met gemiddeld 0,38 merkkelijk kleiner;

- voor de globale periode 12/68-12/82 ligt  $r^2$  met gemiddeld 0,41 eveneens aan de lage kant;
- per vak stijgt  $r^2$  vrijwel steeds met de diepte (ongeveer 20 à 30% verbetering in het onderste diepte-interval t.o.v. het bovenste);
- de beste korrelatie per vak en per diepte-interval is meestal een rechte van de vorm  $y = b-ax$ , zoniet een kromme  $y = b-a \log x$  die vrijwel steeds terecht kon vervangen worden door een rechte.

#### Toetsing aan de werkelijkheid

Vergelijkt men de voorspellingen (welk  $Cl^-$ -gehalte voor een bepaalde  $D_{Tolhuis}$ ) van de verschillende korrelaties met elkaar dan stelt men grote verschillen vast. De tendenzen (zoeter of zouter) zijn evenwel steeds gelijkaardig voor een reeks korrelaties van een welbepaalde periode.

Om de representatieve reeks korrelaties te achterhalen werd daarom een toetsing uitgevoerd met de werkelijkheid. Hiertoe werden voor verschillende  $D_{Tolhuis}$  gemiddelde jaarkoncentraties van  $Cl^-$  per overeenkomstig vak en diepte-interval bepaald uit de waarnemingen in situ. In principe werden de gemiddelde jaarkoncentraties (referentiekoncentraties) berekend voor jaren met een zo konstant mogelijk  $D_{Tolhuis}$ , te weten

1982 :  $D_{Tolhuis} = 22,4 \pm 0,9 \text{ m}^3/\text{s} (\bar{x} \pm s)$ ,

1980 :  $D_{Tolhuis} = 19,7 \pm 1,0 \text{ m}^3/\text{s}$ ,

1978 :  $D_{Tolhuis} = 14,7 \pm 2,2 \text{ m}^3/\text{s}$ . Vervolgens werden de overeenstemmende  $Cl^-$ -koncentraties afgeleid uit de diverse korrelaties en met de referenties vergeleken.



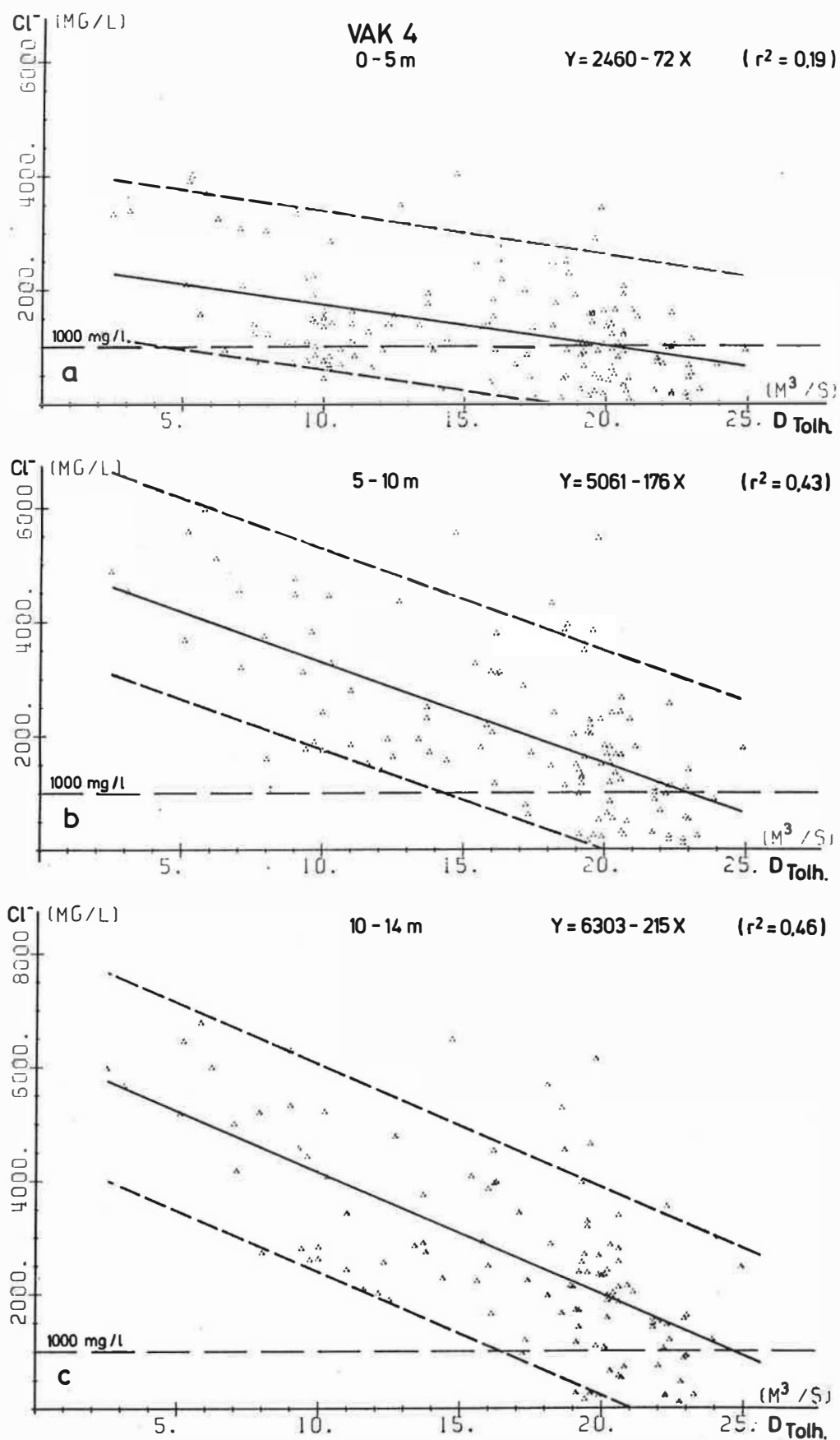
Ondanks een eerder lage korrelatiegraad, werd de beste overeenkomst tussen waarneming en voorspelling onbetwistbaar bereikt met de korrelaties van de globale periode 12/68-12/82. De korrelaties van de afzonderlijke jaren leverden steeds slechte tot zeer slechte voorspellingen op (niet zelden meer dan 100% verschil t.o.v. de waarneming).

Voor de globale periode 12/68-12/82 werd ook nagegaan in hoeverre korrelaties met  $D_{\text{Terneuzen}}$  representatief waren voor de werkelijkheid. Hoewel men gemiddeld een iets betere  $r^2$  bekam (0,48) waren de voorspellingen sterk uiteenlopend van vrijwel korrekt tot meer dan 200% afwijking. Waarschijnlijk wordt dit verklaard door de grote onnauwkeurigheid van  $D_{\text{Terneuzen}}$ .

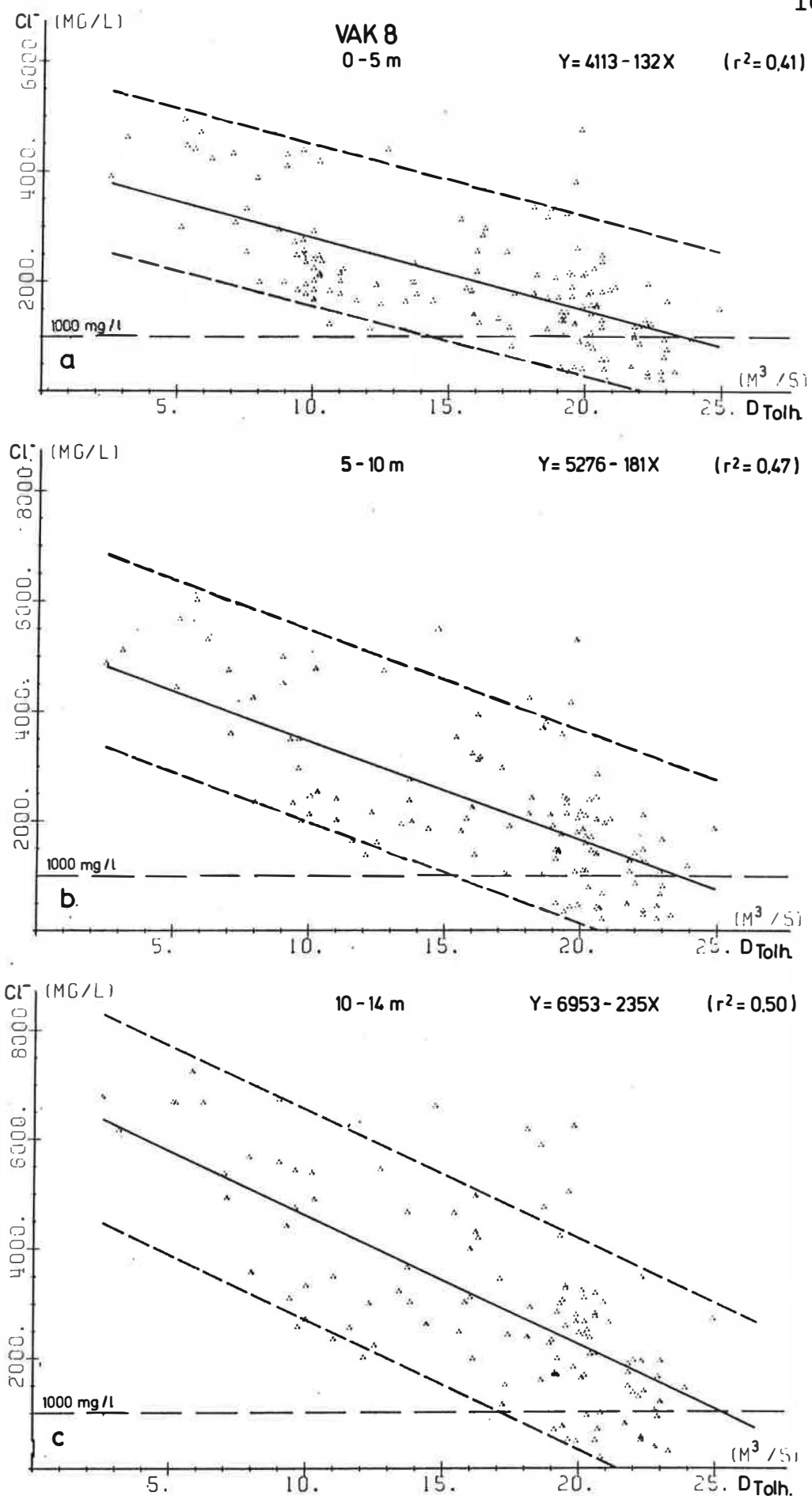
#### 4.5.3. Korrelaties van de globale periode 12/68-12/82 en voorspellingen

De grafieken van de weerhouden korrelaties over de periode 12/68-12/82 van de vakken 4, 8, 11 en 18 zijn samengebracht in de figuren 61 a, b, c, t.e.m. 64 a, b, c. Vrijwel steeds werd als best passende kromme een rechte ( $y = b-ax$ ) gevonden.

Naast enkele algemene informatie omtrent deze korrelaties werden in tabel 31 afgeleide gegevens samengebracht :  $D_{\text{Tolhuis}}$  waarvoor de gemiddelde jaarkoncentratie van  $\text{Cl}^-$  gelijk is aan 1.000 mg/l en de gemiddelde jaarkoncentratie van  $\text{Cl}^-$  voor  $D_{\text{Tolhuis}} = 25, 20, 15$  en  $10 \text{ m}^3/\text{s}$ .



**Fig. 61** : Korrelatie chloridegehalte- $D_{Tolhuis}$  voor de periode 12/68-12/82 in vak 4.



**Fig. 62** : Korrelatie chloridegehalte-D<sub>Tolhuis</sub> voor de periode 12/68-12/82 in vak 8.

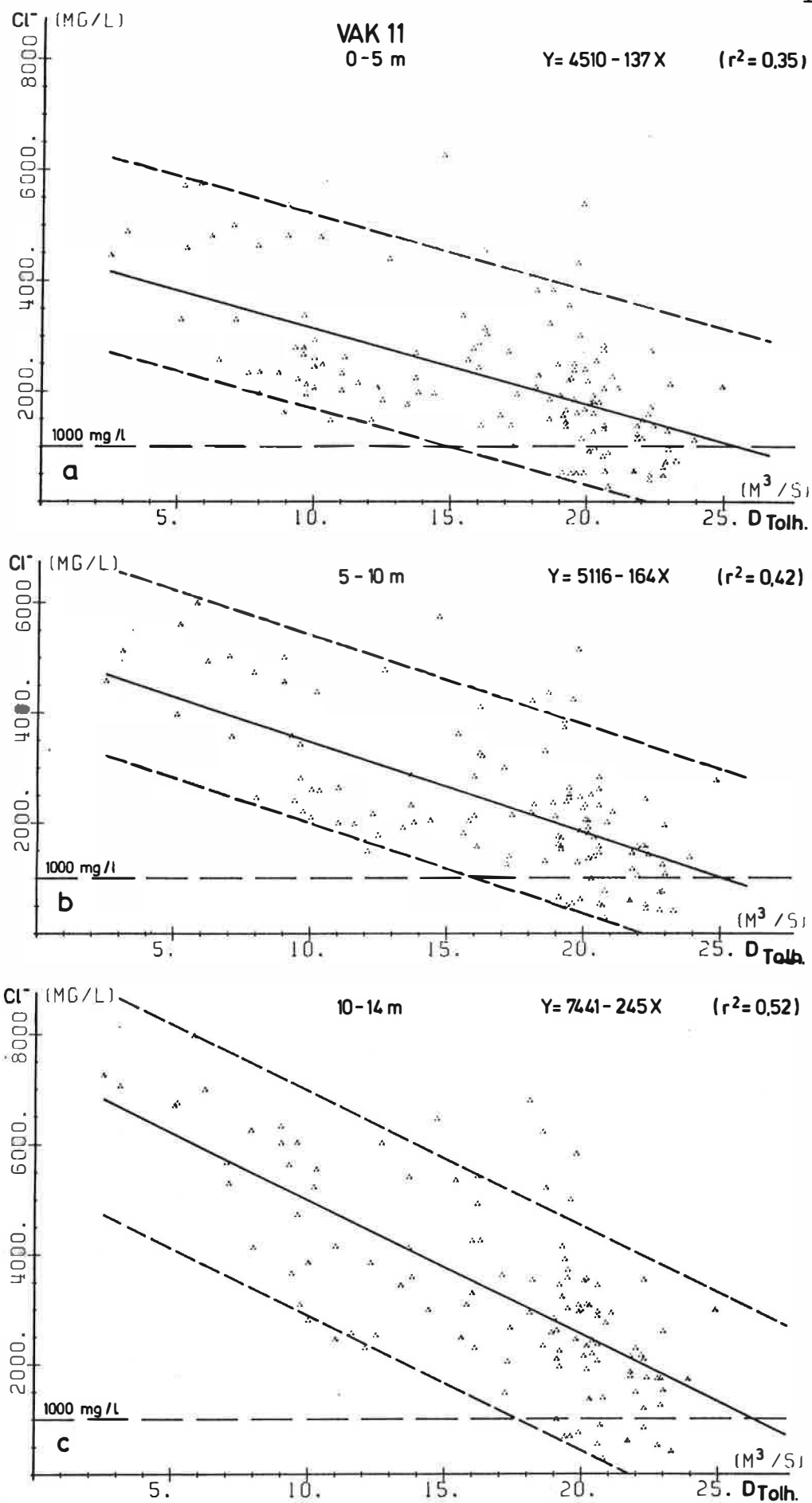
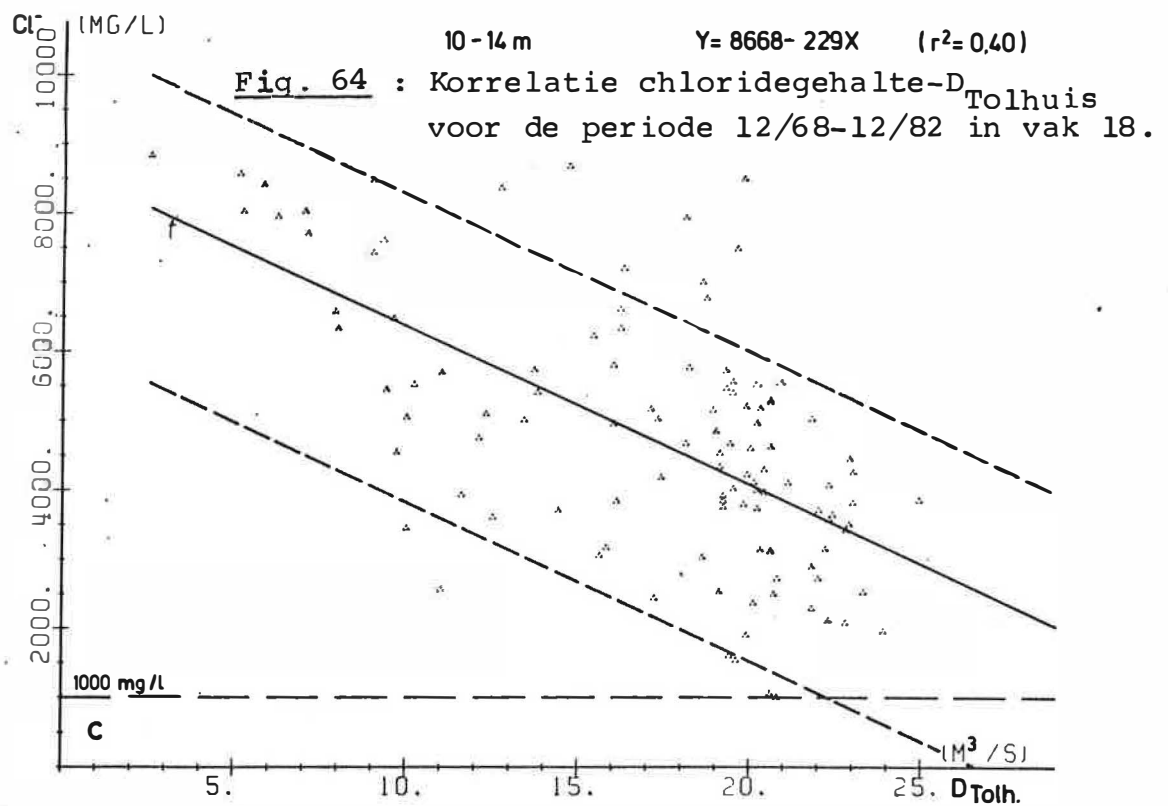
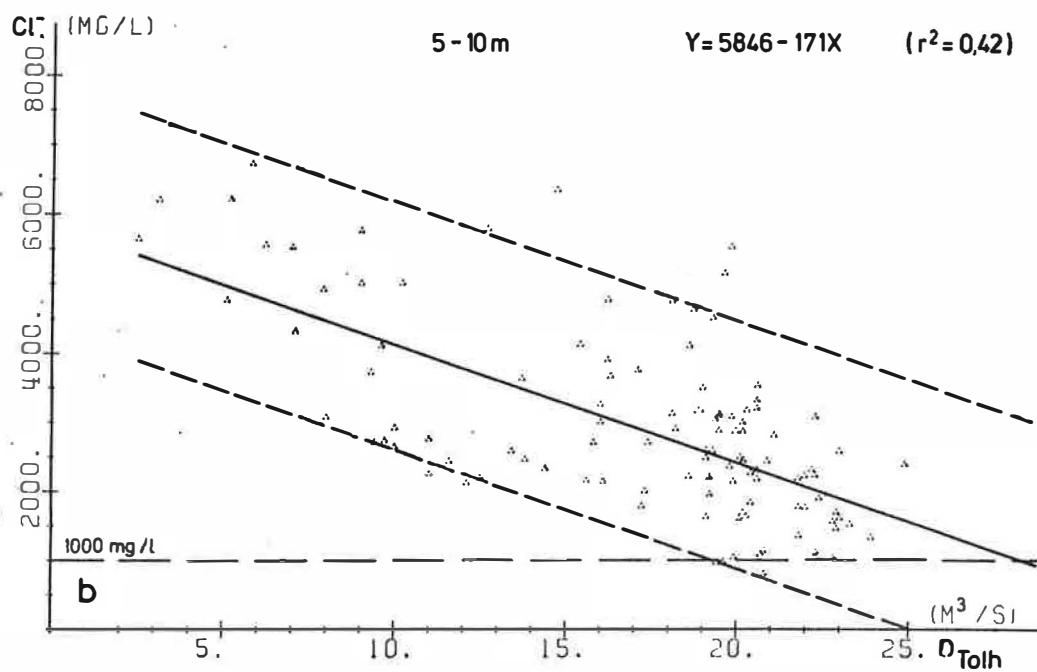
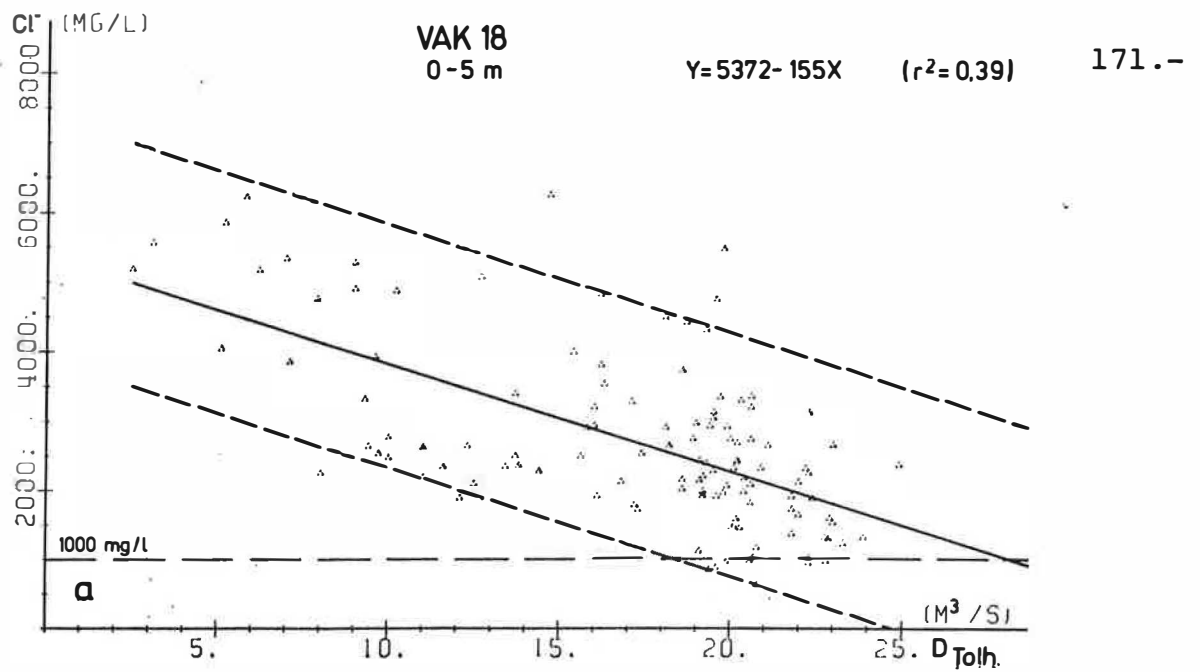


Fig. 63 : Korrelatie chloridegehalte- $D_{Tolhuis}$  voor de periode 12/68-12/82 in vak 11.



1	2	3	4	5	6	7	8	9
4	0-5	$y = b-ax$	0,19*	20,2	650	1050	1400	1750
	5-10	$y = b-ax$	0,43	22,9	650	1500	2400	3300
	10-14	$y = b-ax$	0,46	24,6	950	2000	3050	4150
8	0-5	$y = b-ax$	0,41	23,7	850	1450	2100	2800
	5-10	$y = b-ax$	0,47	23,6	750	1650	2550	3450
	10-14	$y = b-ax$	0,50	25,3	1050	2250	3400	4600
11	0-5	$y = b-ax$	0,35	25,5	1100	1800	2500	3150
	5-10	$y = b-ax$	0,42	25,0	1050	1850	2650	3500
	10-14	$y = b-ax$	0,52	26,4	1300	2550	3750	5000
18	0-5	$y = b-ax$	0,39	28,1	1500	2250	3050	3850
	5-10	$y = b-ax$	0,42	28,3	1550	2400	3300	4150
	10-14	$y = b-ax$	0,40	33,5	2870	4050	5170	6350

\* Bij zeer kleine  $r^2$  dienen de afgeleide waarden met de nodige voorzichtigheid te worden geïnterpreteerd.

1 = vak.

2 = diepte-interval.

3 = vergelijking.

4 =  $r^2$ .

5 =  $D_{Tolhuis}$  waarvoor  $Cl^- = 1.000 \text{ mg/l}$ ;  $m^3/s$ .

6 = gemiddelde jaarkoncentratie van  $Cl^-$  in  $mg/l$  voor  $D_{Tolhuis} = 25 \text{ m}^3/s$ .

7 = gemiddelde jaarkoncentratie van  $Cl^-$  in  $mg/l$  voor  $D_{Tolhuis} = 20 \text{ m}^3/s$ .

8 = gemiddelde jaarkoncentratie van  $Cl^-$  in  $mg/l$  voor  $D_{Tolhuis} = 15 \text{ m}^3/s$ .

9 = gemiddelde jaarkoncentratie van  $Cl^-$  in  $mg/l$  voor  $D_{Tolhuis} = 10 \text{ m}^3/s$ .

Tabel 31 : Korrelatie chloridegehalte- $D_{Tolhuis}$  voor de periode 12/68-12/82.

In tabel 32 staat de vergelijking tussen de referentiekoncentraties voor 1978, 1980 en 1982 en de overeenkomstige voorspelling.

Uit de tabellen kunnen de volgende vaststellingen afgeleid worden.

- De gemiddelde chloridetoestand van het kanaal gedurende 1980 en 1978 wordt zeer goed door de korrelaties voorspeld (gemiddeld slechts -4,6 en -6,3% afwijking) maar merkkelijk minder goed voor wat 1982 betreft (gemiddeld +30,4%). De voorspellingen voor 1982 zijn vooral slecht daar waar de kleinste  $Cl^-$ -koncentraties optreden, d.w.z. in vak 4 en algemeen in het bovenste diepte-interval (ca. 50% afwijking).

vak	Diepte	1a	2a	3	1b	2b	3	1c	2c	3
4	0-5 m	580	860	+50	1170	1070	-10	1730	1430	-20
	5-10 m	720	1090	+50	1550	1550	0	2520	2450	-5
	10-14 m	1020	1500	+50	1910	2060	+10	3180	3110	-5
8	0-5 m	780	1160	+50	1580	1490	-10	2305	2150	-10
	5-10 m	960	1220	+30	1800	1710	-5	2650	2600	-5
	10-14 m	1430	1670	+20	2400	2320	-5	3600	3470	-5
11	0-5 m	940	1460	+55	1850	1840	-1	2550	2540	-1
	5-10 m	1150	1460	+30	2250	1900	-15	2680	2700	+1
	10-14 m	1770	1950	+10	2850	2625	-10	4020	3830	-5
18	0-5 m	1560	1890	+20	2450	2300	-10	3000	3100	+5
	5-10 m	1840	1990	+10	2650	2450	-10	3250	3350	+5
	10-14 m	3720	3490	-10	4510	4120	-10	5550	5240	-10
gemiddelde afwijking :				+30,4			-6,3			-4,6

1a = gemiddelde waargenomen jaarkoncentratie van  $\text{Cl}^-$  (mg/l) in 1982;  $D_{\text{Tolhuis}} = 22,4 \pm 0,9 \text{ m}^3/\text{s}$ .

1b = " " " " " " " " 1980;  $D_{\text{Tolhuis}} = 19,7 \pm 1,0 \text{ m}^3/\text{s}$ .

1c = " " " " " " " " 1978;  $D_{\text{Tolhuis}} = 14,7 \pm 2,2 \text{ m}^3/\text{s}$ .

2a = gemiddelde voorspelde jaarkoncentraties van  $\text{Cl}^-$  (mg/l) in 1982.

2b = " " " " " " " " 1980.

2c = " " " " " " " " 1978.

3 = procentuele afwijking van de voorspelling t.o.v. de waarneming.

Tabel 32 : Vergelijking van de waargenomen en de uit de korrelaties 12/68-12/82 voorspelde gemiddelde jaarkoncentraties van het chloridegehalte.

- Gemiddeld beschouwd wordt een gemiddelde jaarkoncentratie van  $1.000 \text{ mg Cl}^-/\text{l}$  in vak 4, 8, 11 en 18 bereikt voor een gemiddelde  $D_{\text{Tolhuis}}$  van respectievelijk 22,6; 24,2; 25,6 en  $30 \text{ m}^3/\text{s}$ . In detail is het vereiste  $D_{\text{Tolhuis}}$  om voornoemde concentratie te halen niet alleen afhankelijk van de plaats maar ook van de diepte. Voor de bovenste twee diepte-intervallen van een bepaald vak is het benodigde  $D_{\text{Tolhuis}}$  ongeveer gelijk, uitgezonderd voor het vak 4 (waarschijnlijk t.g.v. de zeer zwakke korrelatiegraad). Voor het onderste diepte-interval moet het debiet ongeveer 11% groter zijn.

### Betekenis en interpretatie van de grafieken

1. De punten in de grafieken 61, 62, 63 en 64 beslaan een ruim spreidingsgebied dat evenwel bovenaan maar vooral onderaan vrij goed door een rechte parallel aan de korrelatie kan worden begrensd (streeplijnen). De spreidingszone wordt breder met de diepte en stroomafwaarts.
2. De relatief brede spreidingszones (2.000 à 4.000 mg  $\text{Cl}^-$ /l) zijn te verklaren door het effect van de seizoenafwijkingen van het werkelijk debiet in het kanaal t.o.v.  $D_{\text{Tolhuis}}$  en in mindere mate door de schommelingen van de  $\text{Cl}^-$ -concentratie in de Westerschelde. Is er veel extra debiet dan zit men voor een bepaalde  $D_{\text{Tolhuis}}$  onder de best passende rechte en omgekeerd.
3. De onderste begrenzing van de spreidingszone weerspiegelt de gunstigste toestanden in het kanaal, d.w.z. wanneer er veel extra debiet op  $D_{\text{Tolhuis}}$  wordt gekumuleerd. De bovenste lijn geeft de meest ongunstige toestanden : geen extra debiet of zelfs afnamen door aangrenzende bekkens.
4. De snijding van de bovenste begrenzing met de x as geeft in principe  $D_{\text{Tolhuis}}$  aan waarvoor de seizoenschommelingen de concentratie van  $\text{Cl}^-$  in het kanaal niet meer beïnvloeden. Daar de bovengrens werd geschat en het bovendien om een grote extrapolatie gaat, valt het moeilijk om een nauwkeurige waarde naar voor te brengen ( $D_{\text{Tolhuis}}$  ergens tussen 35 en 45  $\text{m}^3/\text{s}$ ). Bij dergelijke debieten wordt de zoutconcentratie van het kanaalwater nog slechts in hoofdzaak bepaald door het voedingswater aan de Tolhuisstuw.



5. Met de best passende rechten kan men in de verschillende vakken en diepte-intervallen de meest waarschijnlijke gemiddelde jaarkoncentratie van  $\text{Cl}^-$  voorspellen die overeenstemt met een bepaald  $D_{\text{Tolhuis}}$ .  $D_{\text{Tolhuis}}$  dient echter wel relatief konstant te zijn over het jaar. We schrijven meest waarschijnlijke koncentratie omdat de seizoenafwijkingen van het werkelijk debiet niet steeds gelijk zijn en aldus ook hun effect op de  $\text{Cl}^-$ -koncentraties. De best passende rechten geven dus de gemiddelde jaarkoncentratie van  $\text{Cl}^-$  in het kanaal bij een bepaalde  $D_{\text{Tolhuis}}$  en bij een gemiddeld seizoeneffect.

Uit tabel 32 blijkt dat de voorspellingen voor 1978 en 1980 beantwoorden aan de werkelijkheid terwijl er voor 1982 een belangrijke procentuele afwijking optreedt.  $D_{\text{Tolhuis}}$  van 1982 onderscheidt zich doordat het één van de grootste en meest konstante debieten in het kanaal was nl.  $22,4 \pm 0,9 \text{ m}^3/\text{s}$ . Dit laat toe enkele effecten beter te evalueren. De vrij grote procentuele afwijking van de voorspelling t.o.v. de werkelijke gemiddelde  $\text{Cl}^-$ -toestand kan enerzijds het gevolg zijn van de relatief kleine koncentraties waardoor de relatieve fout sterk stijgt en anderzijds door de seizoeninvloeden waardoor het werkelijk debiet sterk afwijkt van  $D_{\text{Tolhuis}}$ . Men stelt b.v. vast dat het 4<sup>e</sup> kwartaal van 1974 merklijk zoeter was dan dit van 1982 (fig. 55 en 57) niettegenstaande  $D_{\text{Tolhuis}}$  toen ongeveer 17% kleiner was (fig. 59). De enige aannemelijke verklaring hiervoor is dat door het uitzonderlijke natte jaareinde van 1974 veel extra debiet op  $D_{\text{Tolhuis}}$  werd bekomen. Hieruit blijkt dat de seizoeninvloeden van duidelijke betekenis zijn.

#### 4.6. Verloop in de tijd in de wateraanvoerende waterlopen

In tabel 33 is het chloridegehalte opgegeven van de dichtst bij het kanaal gelegen vakken van de wateraanvoerende waterlopen.

	1/68-12/72	1/73-12/77	1/78-12/82
Bovenschelde	-	95	79
Leie	-	158	-
Kanaal Gent-Oostende	-	-	116
Kale	123	133	129
Langelede	-	252	-
Zuidlede	-	225	540
Moervaart	1310	379	722

Tabel 33 : Chloridegehalte in de wateraanvoerende waterlopen t.o.v. de tijd.

Daar de gemiddelden gesteund zijn op minder waarnemingen die niet altijd gelijk verdeeld zijn over een bepaalde periode dienen deze cijfers slechts als richtinggevend beschouwd te worden. In de Bovenschelde en de Kale zijn de metingen regelmatig verspreid over de ganse periode maar in de Leie werd er uitsluitend gemeten in 1976 zodat het gemiddelde over de ganse periode lager zou moeten zijn.

Het verloop in de tijd in de Bovenschelde en de Kale is weergegeven in fig. 65.

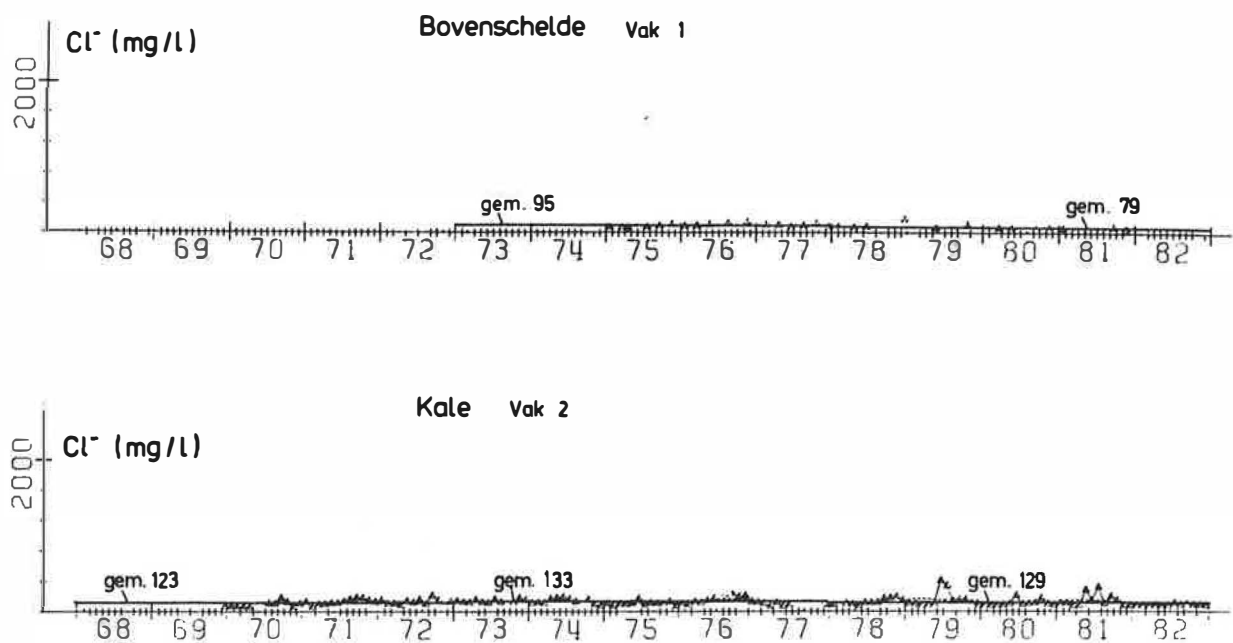


Fig. 65 : Verloop van het chloridegehalte in de tijd in de Bovenschelde en de Kale.

#### 4.7. Onderzoek van de mogelijkheden om het zoutbezwaar te beperken

##### 4.7.1. Uitbreiding van de zoutkom

Tijdens de bouw van de zeesluis te Terneuzen werd het kanaal 1 m dieper gemaakt dan voorzien. De afzuigmond van de spuiriool werd echter niet verdiept waardoor de nuttige inhoud van de zoutkom sterk gereduceerd werd. Uit een onderzoek van het Waterbouwkundig Laboratorium bleek dat de stroming door de dichtheidsverschillen nog niet volledig uitgeput is op het einde van de zoutkom. Om ook de zoutindringing komende van de Oost- en Middensluis op te vangen zou de zoutkom moeten verlengd worden. Het verdiepen van de bestaande zoutkom zal echter geen verbetering geven omdat de inlaatopening van de spuiriool zich dan nog hoger boven de bodem van de zoutkom zou bevinden.

##### 4.7.2. Plaatsen van een afzonderlijk spuikanaal

Bij een afzonderlijk spuikanaal, eventueel voorzien van een pompgemaal, zou de afzuigplaats op de meest optimale diepte en plaats kunnen gekonstrueerd worden zodat het water met een hoger zoutgehalte zou kunnen gespuid worden. Het spuien zou onafhankelijk van de werking van de sluis kunnen gebeuren zonder dat de scheepvaart zou gehinderd worden. De konstruktiekosten zullen echter hoog oplopen en het effect van het spuikanaal zou eerst grondig moeten bestudeerd worden.

##### 4.7.3. Optimalisatie van het spuiprogramma

Gezien de beperkte voedingsdebieten en de belangrijke schut- en spuverliezen dient er veel aandacht besteed te worden aan de optimalisatie

van het spuiprogramma. Er werd een nieuw spui-programma uitgewerkt waarbij rekening gehouden werd met het effect van het spuidebiet, het luchtbellenscherm, enz... De belangrijkste voordelen zijn dat er minder spuischulden zijn waardoor de scheepvaart minder wordt gehinderd. Het programma zal binnenkort geautomatiseerd worden. Door de reeds ver doorgedreven optimalisatie zijn er hier geen verbeteringen meer te verwachten.

#### 4.7.4. Effect van het luchtbellenscherm

Er zijn 3 luchtbellenschermen in de Westsluis, nl. aan het buiten-, tussen- en binnenhoofd. Via geperforeerde buizen op de bodem wordt er lucht ingeblazen met een kompressor. De werking van het luchtbellenscherm is gekoppeld aan de schutcyclus. Het rendement van de schermen bedraagt 50 à 55%. Het luchtbellenscherm vermindert eveneens de wisselstromingen en troskrachten. Anderzijds veroorzaakt het een menging waardoor het volume zout water dat teruggespoeld moet worden vergroot en het selectief spuien moeilijker wordt. Een verhoging van het luchtdebiet zou veel energie vragen en zou een zo intense menging tot gevolg hebben dat er geen verbetering meer is. Bij het doorvaren van de schepen stroomt er veel water door het scherm waardoor men zich kan afvragen of het rendement nog verbeterd kan worden. Bij een verhoogd luchtdebiet zou de hinder voor de schepen toenemen.

#### 4.7.5. Gebruik van de deelkolken

Het gebruik van de deelkolken is een belangrijke maatregel om het zoutbezwaar te beperken. Alle kansen moeten benut worden om ze zoveel mogelijk

te gebruiken

#### 4.7.6. Beweegbare drempel

Op de sluisvloer aan het binnenhoofd is er een vaste drempel met een hoogte van 1,45 m. De drempel bevindt zich op NAP -11,37 m terwijl de sluisvloer op NAP -12,82 m ligt. Het aanbrengen van een beweegbare drempel werd onderzocht doch dit werd te kwetsbaar geacht.

#### 4.7.7. Zout- en zoetwateruitwisseling binnen de kolk

Dergelijk zoutbestrijdingsmiddel (horizontale scheidingslaag) is goed maar vereist veel zoet water.

#### 4.7.8. Besluit

Het bestaande zoutbestrijdingssysteem te Terneuzen werd reeds zoveel mogelijk geoptimaliseerd. Nieuwe aanpassingen kunnen, na grondig onderzoek, eventuele verbeteringen opleveren. Deze zullen echter duur zijn en niet op korte termijn realiseerbaar. Op dit ogenblik dient vooral aandacht besteed te worden aan het voedingsdebiet. Uit de studie bleek trouwens dat hoge debieten na perioden van watertekort de zouttong snel terugdringen.

De bouw van een zeesluis van 120.000 ton zal het zoutbezwaar nog vergroten en zal nog grotere voedingsdebieten vereisen. Het is duidelijk dat er hieraan een grondige studie moet voorafgaan.

## 5. Kwaliteitsindex

De kwaliteitsindex is gebaseerd op de meest belangrijke parameters (zie IX, 1.2.). Voor de opstelling van de kleurenkaart werd rekening gehouden met pH,  $O_2$ , BOD, COD,  $NH_3$ -N,  $NO_3$ -N,  $Cl^-$  en geleidbaarheid. De totale verontreinigingsindex van het kanaal en van de wateraanvoerende waterlopen werd berekend per vak. Er werd eveneens een indeling in de tijd gemaakt. De perioden 1/68-12/72, 1/73-12/77, 1/78-12/82 en 1/80-12/82 werden afzonderlijk beschouwd.

De 19 vakken van het kanaal en de vakken van de wateraanvoerende waterlopen zijn schematisch voorgesteld. Van de wateraanvoerende waterlopen werden de volgende vakken in figuur gebracht : het vak van de Bovenschelde (BS), de 2 vakken van de Leie (LE), vak 2 van het kanaal Gent-Oostende (het water van de Bovenschelde en van de Leie stroomt immers via vak 2 van het kanaal Gent-Oostende naar het Verbindingskanaal en vervolgens naar de Tolhuisstuw), de 2 vakken van de Kale (KA), de 3 vakken van de Moervaart (MO) en het vak van de Langelede (LL) en de Zuidlede (ZL). De Langelede en de Zuidlede zijn met het kanaal verbonden via vak 3 van de Moervaart. Tenslotte is de Avrijevaart (AV) en de Burggravenstroom (BU), die in verbinding staat met de Avrijevaart, aangeduid. Voor de ligging van de vakken verwijzen we naar fig. 26a en 26b. Voor bepaalde vakken en perioden werden er onvoldoende gegevens bekomen of waren de gegevens vooral afkomstig van enkele parameters. De verontreinigingsindex die hiervoor bekomen werd zou dan ook een vertekend beeld geven van de werkelijkheid. In deze gevallen werd de verontreinigingsindex niet in kaart gebracht en werd het vak wit gelaten. Er waren over het algemeen onvoldoende gegevens voor vak 1 van het kanaal Gent-Oostende, voor de Ringvaart en voor de Lieve om een representatieve verontreinigingsindex op te stellen. Deze vakken werden dan ook niet opgenomen in de schematische voorstelling.

De waterkwaliteit op basis van de totale verontreinigingsindex werd voorgesteld in fig. 66. Voor het kanaal is dit voor het diepte-interval 0-5 m en voor de wateraanvoerende waterlopen 0-2 m.

In de periode 1/68-12/72 behoren alle vakken van het kanaal en van de wateraanvoerende waterlopen, waarvan er gegevens bekend zijn, tot klasse 5 en kunnen aldus als zwaar verontreinigd beschouwd worden.

In de periode 1/73-12/77 behoren de vakken 2, 3 en 6 tot 19 van het kanaal en de Zuidlede tot klasse 5. Vak 1, 4 en 5 van het kanaal, de Bovenschelde, de Leie, vak 2 en 3 van de Moervaart en de Langelede behoort tot klasse 4 (verontreinigd). Vak 1 van de Moervaart heeft klasse 3 en is licht verontreinigd.

In de periode 1/78-12/82 behoort het kanaal vanaf vak 4 tot vak 19 en vak 3 van de Moervaart tot klasse 5. De slechte kwaliteit van vak 3 van de Moervaart is zoals voor de kanaalvakken te wijten aan de verzilting. Tot klasse 4 behoren vak 1, 2 en 3 van het kanaal, de Bovenschelde, de Leie, vak 2 van het kanaal Gent-Oostende, vak 1 en 2 van de Moervaart, de Zuidlede, de Avrijevaart en de Burggravenstroom.

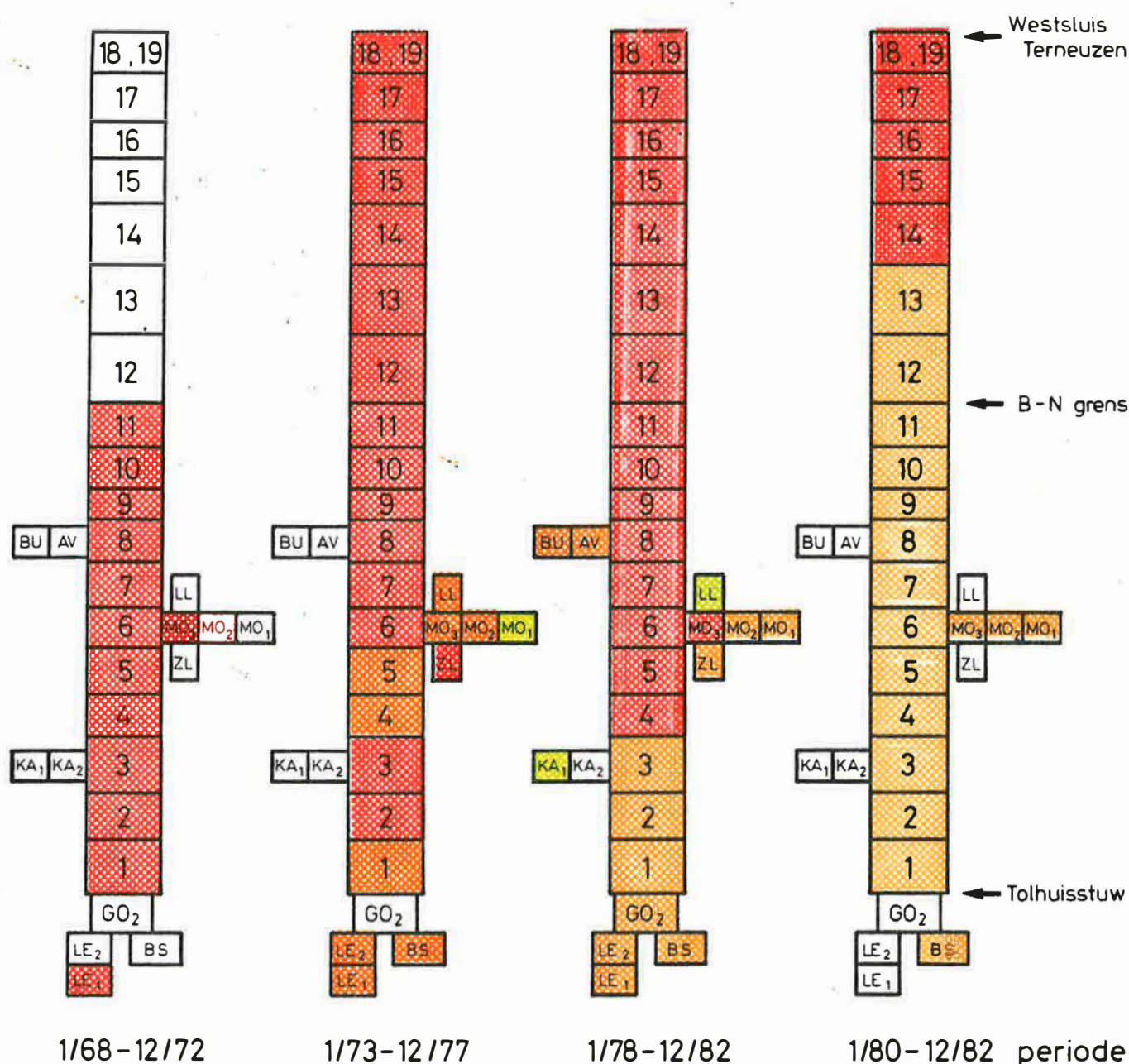
In de periode 1/80-12/82 is er een merkelijke verbetering van de waterkwaliteit. Alleen vak 14 tot 19 van het kanaal heeft nog klasse 5, terwijl de andere vakken en deze van de wateraanvoerende waterlopen klasse 4 hebben.

Algemeen kan gezegd worden dat het kanaal verontreinigd tot sterk verontreinigd is en dat de waterlopen gemiddeld verontreinigd zijn. In verloop van de tijd valt er een kwaliteitsverbetering op te merken welke vooral het gevolg is van de verlaging van het chloridegehalte, de geleidbaarheid, BOD en een toename van het zuurstofgehalte.



Vooral het chloridegehalte, de geleidbaarheid en het ammoniakgehalte zijn bepalend voor de verontreiniging tot zware verontreiniging (klasse 4 of 5). In de afzonderlijke index voor ammoniak behoren alle vakken steeds tot klasse 5 en in de index voor chloride en geleidbaarheid behoren alle kanaalvakken, met uitzondering van de eerste vakken, ook tot klasse 5. Met de kwaliteitsindeling op basis van de opgeloste zuurstof behoort het Belgisch kanaalgedeelte over het algemeen tot klasse 5 met uitzondering van het eerste kanaalvak en van de vakken aan de Moervaart. Het Nederlands kanaalgedeelte valt over het algemeen in klasse 4 voor opgeloste zuurstof. In de index voor COD behoort het Belgisch kanaalgedeelte tot klasse 4 of 5 en in de index voor BOD behoort het over het algemeen tot klasse 4. Voor de zuurtegraad en de nitraatstikstof valt het kanaal in klasse 1 waardoor deze parameters een positieve invloed hebben op de totale verontreinigingsindex.

De totale verontreinigingsindex van de Bovenschelde en de Leie klassificeert deze wateraanvoerende waterlopen over het algemeen in klasse 4. Vooral het ammoniakgehalte (klasse 5) draagt bij tot de verslechtering van de kwaliteit. De afzonderlijke indexen van BOD en COD leiden over het algemeen ook tot klasse 4 of 5. De opgeloste zuurstof valt in klasse 4. De index van het chloridegehalte en de geleidbaarheid (klasse 2 of 3) heeft een positieve invloed op de totale verontreinigingsindex. Vooral de zuurtegraad en de  $\text{NO}_3\text{-N}$ , die tot klasse 1 behoren, hebben een gunstige invloed op de totale verontreinigingsindex. Voor de Moervaart die over het algemeen tot klasse 4 of 5 behoort kan, de beïnvloeding van de totale verontreinigingsindex door de afzonderlijke parameters ongeveer gelijkgesteld worden aan deze van de Bovenschelde en de Leie met dit verschil dat chloride en geleidbaarheid op vak 3 een negatieve invloed uitoefent op de totale verontreinigingsindex van dit vak.



GO	Kanaal Gent - Oostende (vak 2)
BS	Bovenschede
LE	Lere (vak 1,2)
KA	Kale (vak 1,2)
BU	Burggravenstroom
AV	Avrijevaart
LL	Langelede
ZL	Zuidlede
MO	Moervaart (vak 1,2,3)

Fig. 66 : Kwaliteitsindex op basis van pH, O<sub>2</sub>, BOD, COD, NH<sub>3</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N, Cl<sup>-</sup> en geleidbaarheid (0-5 m).

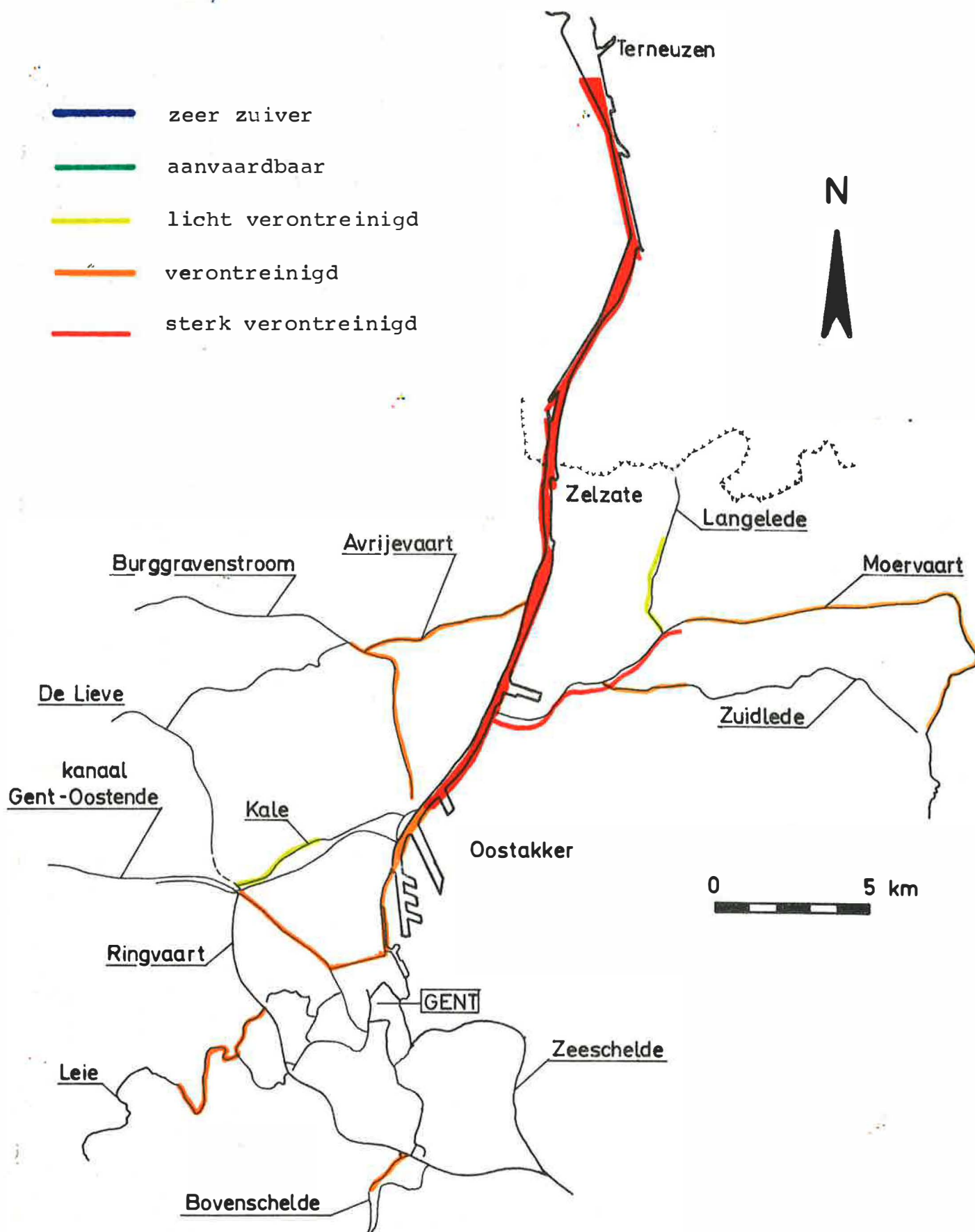


Fig. 66a : Kwaliteitsindex op basis van pH,  $O_2$ , BOD, COD,  $NH_3-N$ ,  $NO_3-N$  en geleidbaarheid (0-5 m).

De totale verontreinigingsindex van de Langelede, de Zuidlede, de Avrijevaart en de Burggravenstroom die deze waterlopen in klasse 3, 4 of 5 indeelt wordt vooral slecht beïnvloed door de  $\text{NH}_3\text{-N}$ , BOD en COD en positief beïnvloed door de pH en  $\text{NO}_3\text{-N}$ .

Fig. 67 is een kwaliteitskaart op basis van de verontreinigingsindex met uitzondering van de index voor chloride en geleidbaarheid. Het is bekend dat beide parameters praktisch volledig afhankelijk zijn van de hoeveelheid binnenkomend zeewater te Terneuzen. Deze kaart geeft de kwaliteit van het kanaalwater zonder de verzilting. Hieruit valt onmiddellijk op dat het kanaalwater zonder verzilting een kwaliteitsverbetering zou kennen maar dat het nog verontreinigd zou zijn.

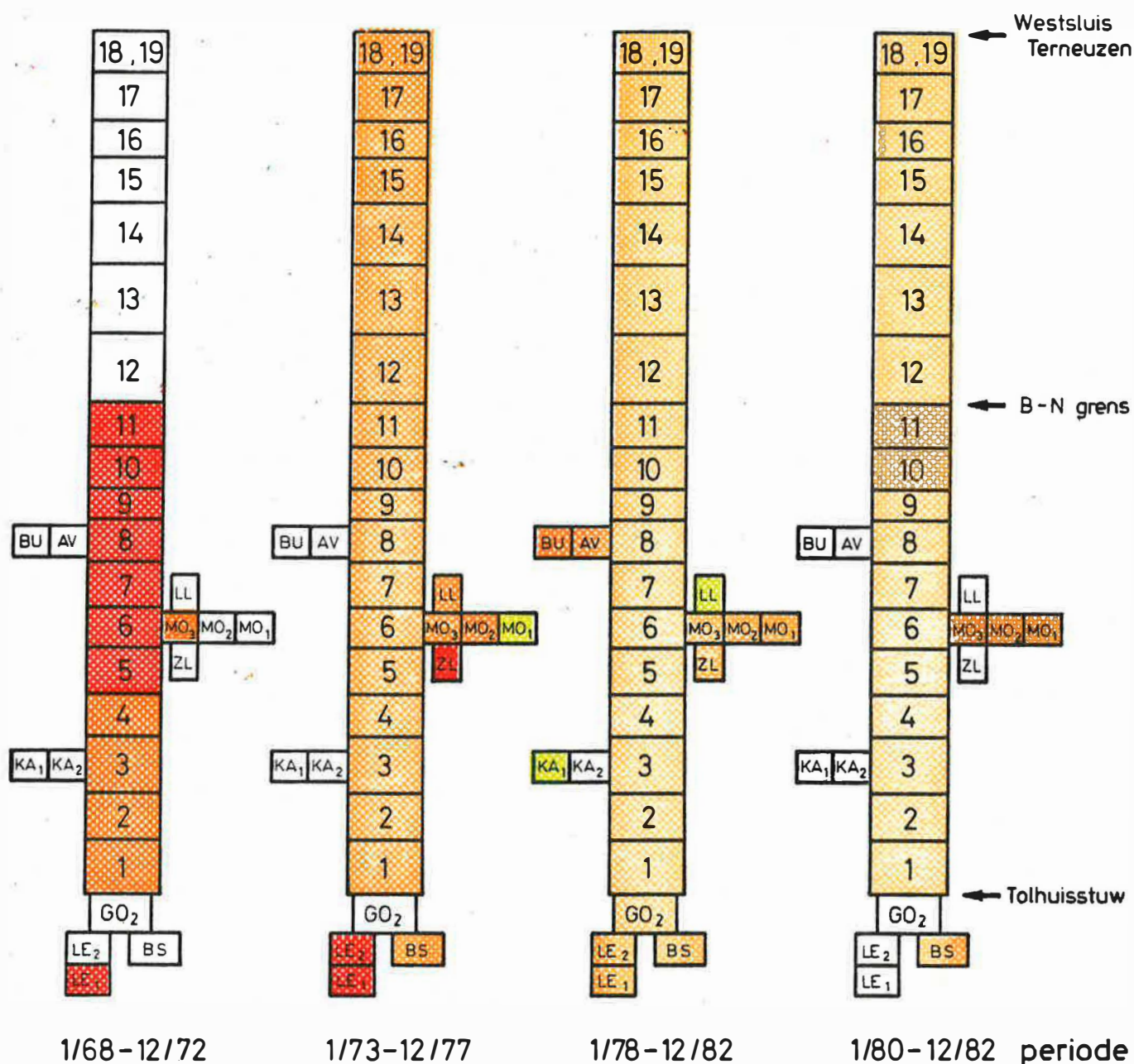
In de periode 1/68-12/72 behoort vak 5 tot 11 van het kanaal tot klasse 5 en vak 1 tot 4 tot klasse 4.

In de periode 1/72-12/77, 1/78-12/82 en 1/80-12/82 behoren alle vakken van het kanaal tot klasse 4.

De kwaliteit van de wateraanvoerende waterlopen behoort tot klasse 3, 4 of 5 en is ongeveer gelijk door wel rekening te houden met chloride en geleidbaarheid. We merken hier echter, dat zonder rekening te houden met chloride en geleidbaarheid, vak 3 van de Moervaart nu in alle perioden de kwaliteit van klasse 4 krijgt terwijl in vorige figuur klasse 5 of 4 bekomen werd.

De verontreinigingsindex die het kanaalwater indeelt in klasse 4 wordt over alle kanaalvakken vooral negatief beïnvloed door de ammoniakale stikstof (klasse 5) en in het Belgisch kanaalgedeelte door de opgeloste zuurstof (klasse 4 of 5). Voor COD geeft de index klasse 4 of 5 en voor BOD klasse 3,4 of 5. De pH en  $\text{NO}_3\text{-N}$  (klasse 1) hebben een positieve invloed op de totale verontreiniging. De kwaliteit van de wateraanvoerende waterlopen wordt vooral negatief beïnvloed door de ammoniakale stikstof, BOD en COD. De pH en  $\text{NO}_3\text{-N}$  heeft een positieve invloed op de totale verontreiniging.





GO Kanaal Gent - Oostende (vak 2)  
 BS Bovenschelde  
 LE Leie (vak 1,2)  
 KA Kale (vak 1,2)  
 BU Burggravenstroom  
 AV Avrijevaart  
 LL Langelede  
 ZL Zuidlede  
 MO Moervaart (vak 1,2,3)

Fig. 67 : Kwaliteitsindex op basis van pH, O<sub>2</sub>, BOD, COD, NH<sub>3</sub>-N en NO<sub>3</sub>-N (0-5 m).

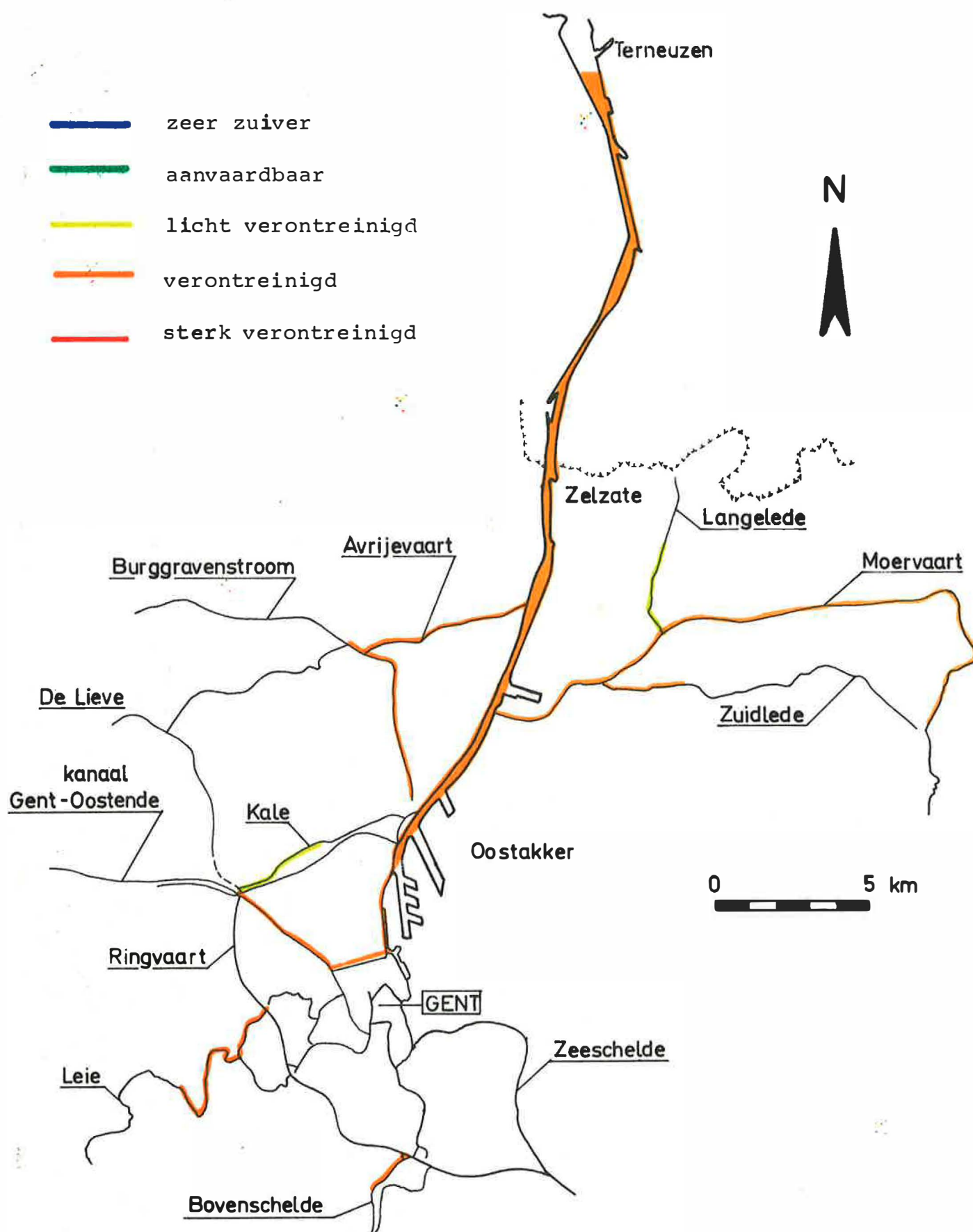


Fig. 67a : Kwaliteitsindex op basis van pH,  $O_2$ , BOD, COD,  $NH_3-N$  en  $NO_3-N$  (0-5 m).

## 6. Toelichting bij de bespreking van de resultaten

Hierna wordt de methode voorgesteld volgens dewelke alle hierna volgende parameters bestudeerd werden.

### 6.1. Parameter in verloop van de tijd

De parameters werden uitgezet voor de periode 1/68-12/82 en voor de drie diepte-intervallen van de vakken (1,2), 4, 8 en 11. Gezien er voor de diepte-intervallen 5-10 en 10-14 m over het algemeen te weinig resultaten zijn om een doorlopende kurve te tekenen werden over het algemeen alleen de grafieken voor het diepte-interval 0-5 m opgegeven. Indien meerdere vakken tussen haakjes staan betekent dit dat de gegevens van de verschillende vakken als één vak in dezelfde grafiek verwerkt zijn. Ieder punt in de grafiek stelt het gemiddelde voor van alle beschikbare gegevens van een bepaalde maand, vak en diepte-interval. Het twaalfmaandelijks voortschrijdend gemiddelde is eveneens uitgetekend. De diepte-intervallen 0-5, 5-10 en 10-14 m worden verder respectievelijk eerste, tweede en derde diepte-interval genoemd. Per periode van 5 jaar (1/68-12/72, 1/73-12/77 en 1/78-12/82) werd uit de maandgemiddelden het gemiddelde van de betreffende periode berekend. Dit wordt voorgesteld door een horizontale lijn waardoor er 3 niveau's onderscheiden worden. Bij de verwerking van de gegevens werd er geen standaardafwijking toegepast en volstond één gegeven om een maandgemiddelde te berekenen.

Voor het vak van de waterlopen dichtst bij het kanaal werden de parameters eveneens uitgezet in verloop van de tijd voor de periode 12/68-12/82. Hierbij werd eveneens het gemiddelde berekend voor de perioden 1/68-12/72, 1/73-12/77 en 1/78-12/82. De indeling in vakken van het kanaal en de waterlopen is opgegeven in de tabellen 26 en 27 en is uitgetekend in fig. 26.

Bij de verwerking werd er geen standaardafwijking toegepast en één gegeven volstond om een gemiddelde te berekenen

#### 6.2. Gemiddelde van de parameter per maand

Voor de periode 12/68-12/82 en voor de vakken (3,4,5) en 11 werd het gemiddelde van de parameter per maand berekend in het diepte-interval 0-5 m. De bekomen waarde is het rekenkundig gemiddelde van alle analyses van een bepaalde maand over de ganse periode. Bij de berekening werd de standaardafwijking  $\bar{x} \pm 2,58 s$  toegepast.

#### 6.3. Parameter in de afstand

Voor de periode 12/68-12/82 en het diepte-interval 0-5 m werd de gemiddelde waarde van de parameters uitgezet in de afstand. De gemiddelde waarde is het rekenkundig gemiddelde van alle waarnemingen afzonderlijk. De standaardafwijking  $\bar{x} \pm 2,58 s$  werd toegepast en één analyse volstond om een gemiddelde te berekenen.

Om een beter inzicht te verkrijgen in het verloop van de parameter in de afstand voor de laatste jaren werd voor de periode 11/80-2/83 per vak en per diepte-interval een grafiek opgesteld uitgaande van de analyseresultaten van twee studies uitgevoerd door het BECEWA, nl. de studies "Oxygenatiekapaciteit van de Tolhuisstuw en de oppervlaktebeluchters opgesteld in het kanaal Gent-Terneuzen" (1980-1981) en de huidige studie "Oppervlaktewaterstudie van het kanaal Gent-Terneuzen" (1981-1983). Er werd geen standaardafwijking toegepast en één gegeven volstond om een gemiddelde te berekenen.

#### 6.4. Korrelatie parameter-debiet

Voor de voornaamste parameters werden de maandgemiddelden uitgezet t.o.v. het maandgemiddelde van het debiet. De korrelatie werd vastgesteld voor de



periode 12/68-12/82 en het diepte-interval 0-5 m. Als standaardafwijking werd  $x \pm 2,58 s$  toegepast.

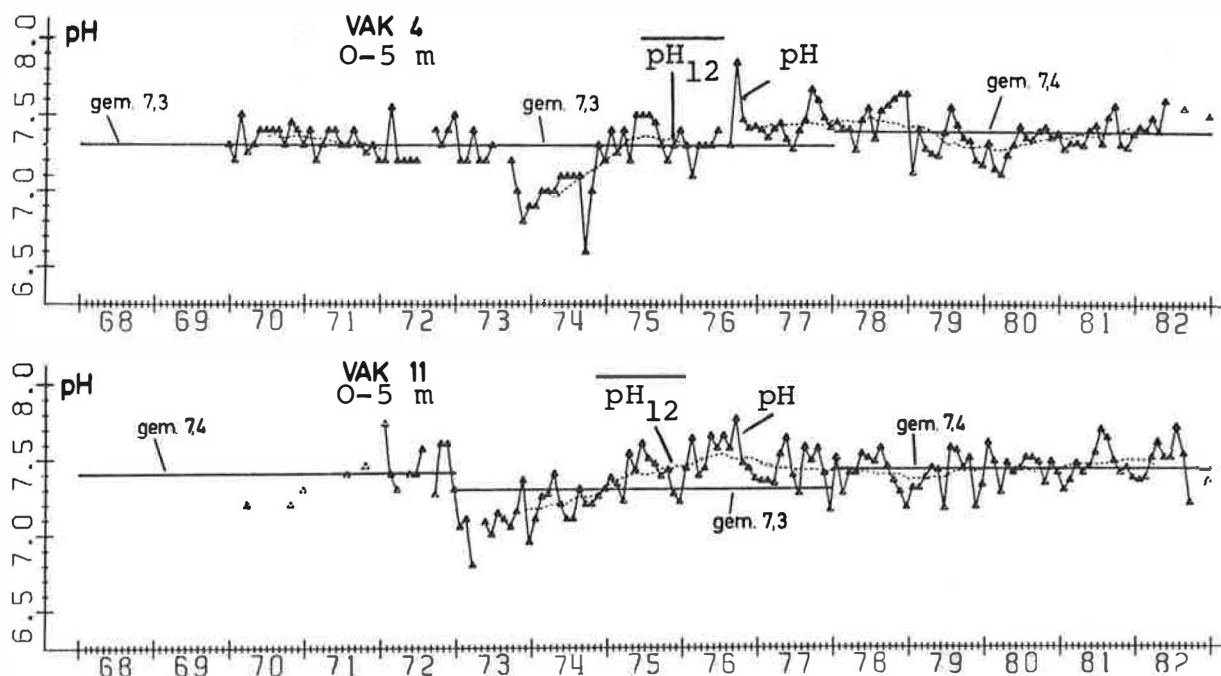
#### 6.5. Parameter in de diepte

In het tweede en derde diepte-interval werden in de periode 12/68-12/82 veel minder metingen uitgevoerd dan in het eerste diepte-interval, zodat een vergelijking van de concentratie in verschillende diepten niet altijd opgaat. In de twee studies uitgevoerd door het BECEWA in 11/80-2/83 zijn echter wel metingen uitgevoerd over alle diepte-intervallen en dit over 18 prospekties. De metingen op de verschillende diepten werden steeds op hetzelfde tijdstip uitgevoerd zodat hier een realistische vergelijking kan gemaakt worden. De gemiddelde concentraties voor de drie diepte-intervallen werden berekend voor de vakken (4,5) en (7,8,9,10,11).

## 7. Zuurtegraad

### 7.1. Verloop in de tijd

In het kanaal varieert de pH weinig in verloop van de tijd. Het maandgemiddelde in de vakken (1,2) 4, 8 en 11 ligt over het algemeen tussen 7 en 7,7 in de periode 1/68-12/82 terwijl de pieken nog steeds liggen tussen 6,5 en 8. In de andere vakken is de spreiding niet groter. Het verloop in de tijd in de vakken 4 en 11 werd uitgezet in fig. 68. In vak 4 is de pH in de periode 1/68-12/72 7,3, in de periode 1/73-12/77 7,3 en in de periode 1/78-12/82 7,4 en in vak 11 7,4; 7,3 en 7,4.



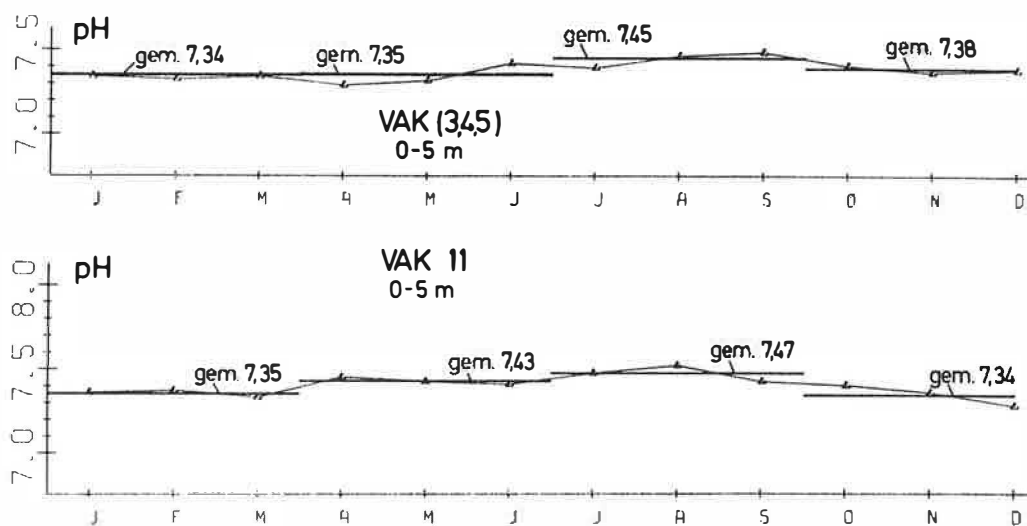
**Fig. 68** : Verloop van de zuurtegraad in de tijd in het kanaal.

pH = maandgemiddelde.

$\overline{\text{pH}}_{12}$  = twaalfmaandelijks symmetrisch voortschrijdend gemiddelde.

## 7.2. Gemiddelde per maand

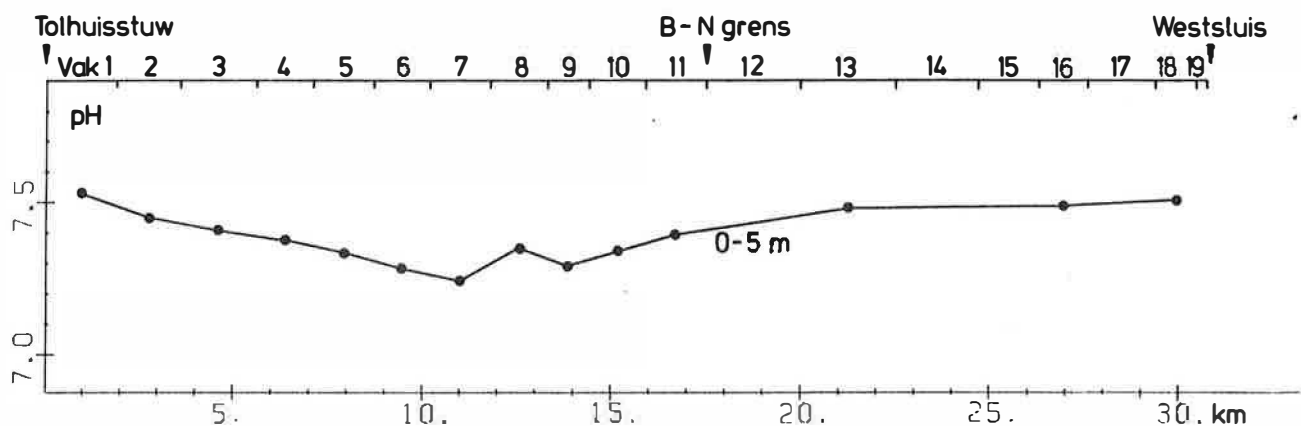
Uit het gemiddelde van de pH per maand in de periode 12/68-12/82 is er praktisch geen jaarcyclus waar te nemen tenzij een zeer kleine stijging in de zomermaanden. In fig. 69 zijn de gemiddelden per maand uitgezet voor de vakken (3,4,5) en 11.



**Fig. 69** : Gemiddelde zuurtegraad per maand in het kanaal (12/68-12/82).

## 7.3. Verloop in de afstand

Van de Tolhuisstuw tot aan vak 7 daalt de pH langzaam van 7,5 tot 7,3. Hij stijgt terug naar 7,5 tussen vak 7 en vak 13 en blijft verder stroomafwaarts konstant (fig. 70).



**Fig. 70** : Verloop van de zuurtegraad in de afstand in het kanaal (12/68-12/82).

#### 7.4. pH per diepte-interval

Uit de dieptemetingen van 11/80 tot 2/83 blijkt dat de pH in het derde diepte-interval slechts 0,1 lager is dan deze in het eerste diepte-interval.

#### 7.5. Verloop in de tijd in de wateraanvoerende waterlopen

In de Bovenschelde, de Leie, het kanaal Gent-Oostende, de Ringvaart, de Lieve, de Kale, de Burggravenstroom, de Avrijevaart, de Langelede, de Zuidlede en de Moervaart liggen de gemiddelde pH waarden telkens tussen 7,3 en 7,9 in de perioden 1/68-12/72, 1/73-12/77 en 1/78-12/82. Zelfs de pieken van de maandgemiddelden liggen praktisch altijd tussen 7 en 8. Ook hier is er in het verloop in de tijd geen tendens voor een verhoging of verlaging van de pH. Het verloop van de pH in de Kale is weergegeven in fig. 71. Algemeen kan opgemerkt worden dat de wateraanvoerende waterlopen enkele tienden van een pH eenheid meer alkalisch zijn dan het kanaal.

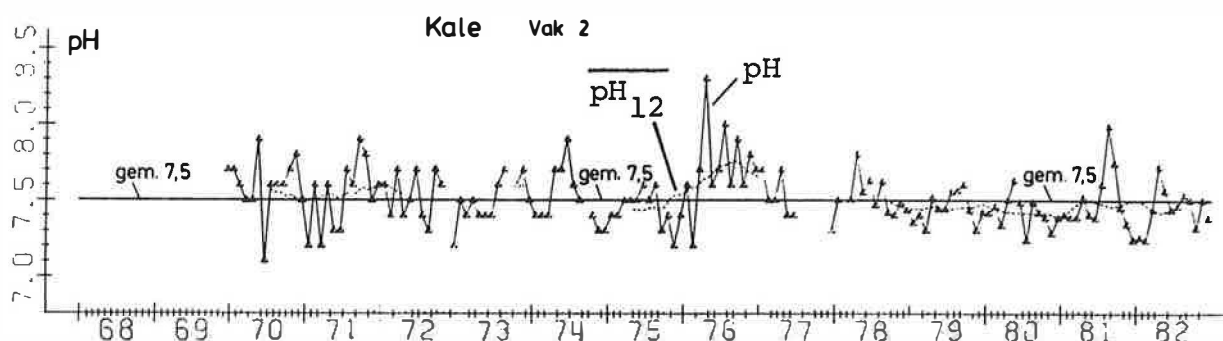


Fig. 71 : Verloop van de zuurtegraad in de tijd in de Kale.

pH = maandgemiddelde.

$\overline{pH_{12}}$  = twaalfmaandelijks symmetrisch voortschrijdend gemiddelde.

#### 7.6. Besluit

De pH varieert weinig in verloop van de tijd. In de periode 1/68-12/82 ligt het maandgemiddelde over het algemeen tussen 7 en 7,7. Er is geen evolutie waar te nemen per vijfjaarlijkse periode en de gemiddelde pH waarde is 7,4. Er is praktisch geen jaarcyclus waar te nemen. In het verloop van de afstand schommelt de pH tussen 7,3 en 7,5 van de Tolhuisstuw tot aan Terneuzen. In de verschillende diepte-intervallen is de pH praktisch gelijk. Er werden geen grote schommelingen vastgesteld in de wateraanvoerende waterlopen. Over het algemeen ligt de pH hier enkele tienden hoger dan in het kanaal.

## 8. Opgeloste zuurstof

### 8.1. Verloop in de tijd

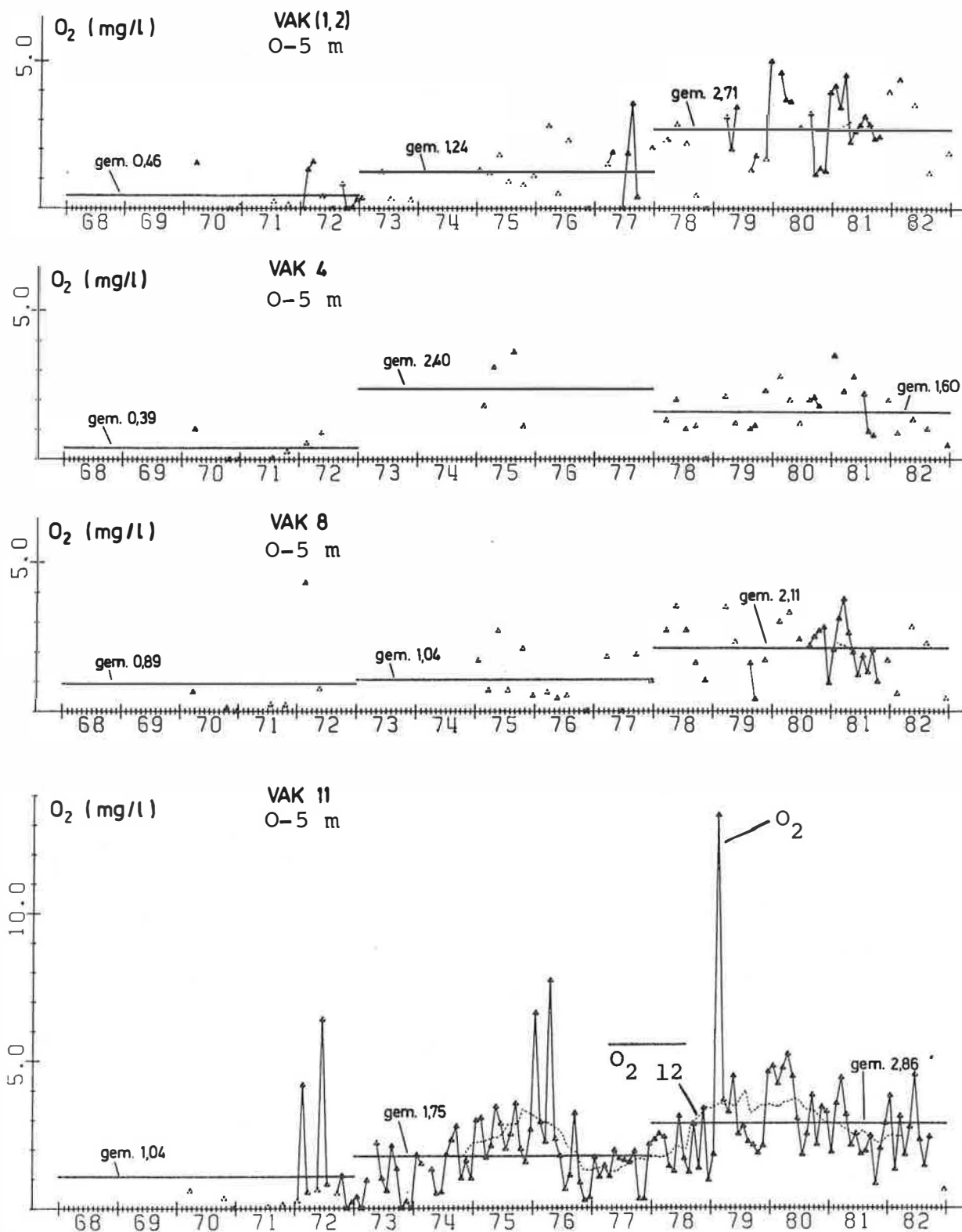


Fig. 72 : Verloop van het zuurstofgehalte in de tijd in het kanaal.

$O_2$  = maandgemiddelde.

$O_2$  12 = twaalfmaandelijks symmetrisch voortschrijdend gemiddelde.

In de vakken (1,2), 4, 8 en 11 neemt het zuurstofgehalte over het algemeen toe in het verloop van de tijd (fig. 72). In tabel 34 is de gemiddelde zuurstofconcentratie opgegeven per vak en per periode van 5 jaar.

Vak	1/68-12/72	1/73-12/77	1/78-12/82
1,2	0,46	1,24	2,71
4	0,39	2,40	1,60
8	0,89	1,04	2,11
11	1,04	1,75	2,86
gemiddelde	0,70	1,60	2,32

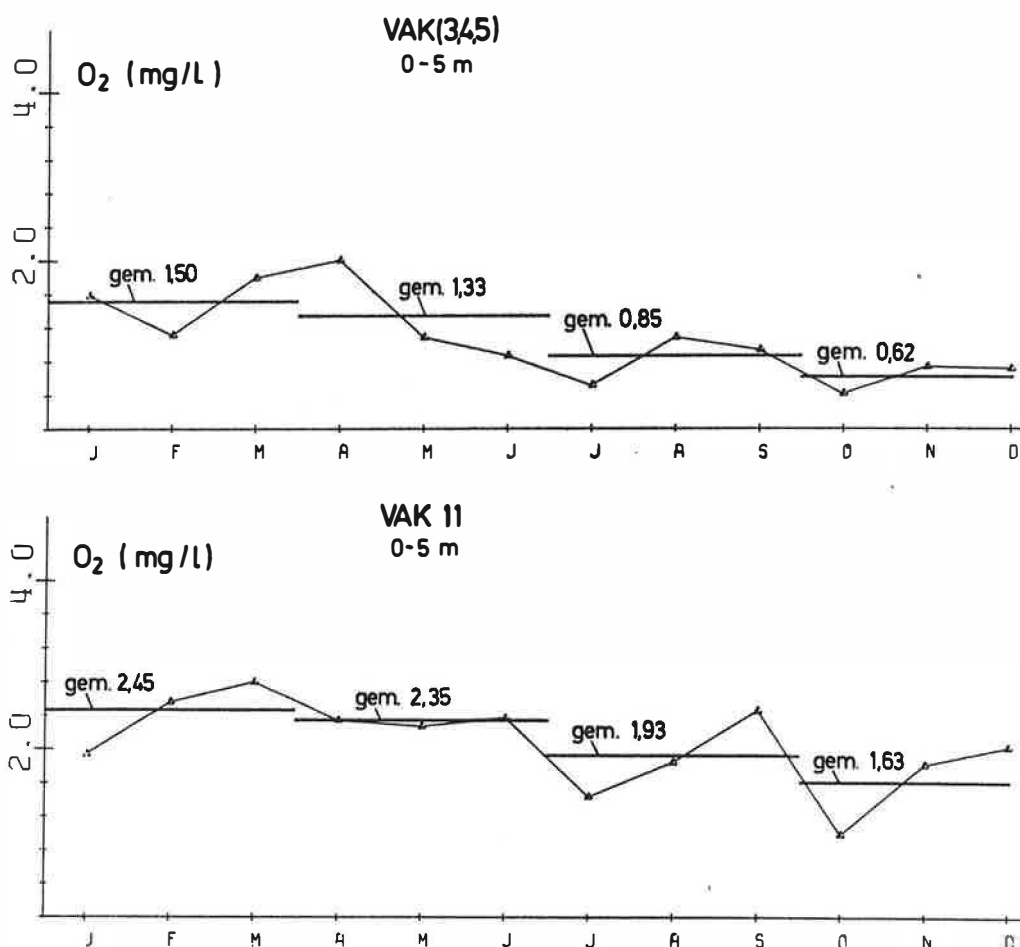
Tabel 34 : Opgeloste zuurstof in het kanaal per vak t.o.v. de tijd (0-5 m).

Uit deze tabel blijkt dat het zuurstofgehalte stijgt per periode van 5 jaar, uitgezonderd in vak 4. De afwijking in dit vak is waarschijnlijk te wijten aan het hoge zuurstofgehalte in de periode 1/73-12/77 waarvan het gemiddelde slechts gesteund is op weinig gegevens.

Over het algemeen kan gezegd worden dat het zuurstofgehalte toenam met 128% in de periode 1/73-12/77 en met 231% in de periode 1/78-12/82 t.o.v. de periode 1/68-12/82. Opmerkelijk is dat het zuurstofgehalte vooral gestegen is sedert eind 1974. Dit valt samen met de toename van het debiet sedert deze periode. Er is een duidelijke periodische daling in de zuurstofconcentratie in de warme droge zomer van 1976. De concentraties blijven laag in 1977, in 1978 stijgen ze opnieuw en in 1979 bereiken ze ongeveer 3,5 mg/l. Er is een lichte daling in 1981.

## 8.2. Gemiddelde per maand

Uit het gemiddelde per maand is er geen vloeiende jaarcyclus vast te stellen in de periode 12/68-12/82. Per kwartaalgemiddelde is er een duidelijke zuurstofdaling van het eerste naar het vierde kwartaal. In vak (3,4,5) is het zuurstofgehalte respektievelijk 1,50 in het eerste, 1,33 in het tweede, 0,85 in het derde en 0,62 mg/l in het vierde kwartaal en in vak 11 2,45; 2,35; 1,93 en 1,63 mg/l (fig. 73).



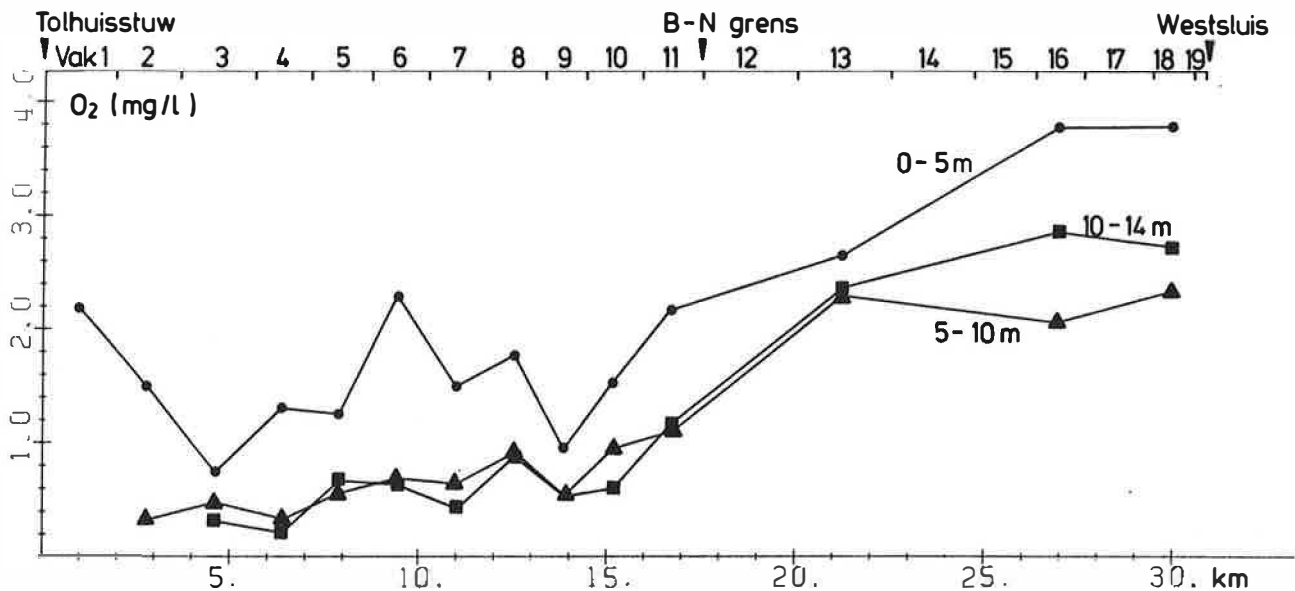
**Fig. 73** : Gemiddeld zuurstofgehalte per maand in het kanaal (12/68-12/82).

## 8.3. Verloop in de afstand

De zuurstofconcentratie varieert sterk in het lengteprofiel van het kanaal. Tabel 35 is de opgave van de gemiddelde zuurstofconcentratie en het aantal



waarnemingen per vak en per diepte-interval over de periode 12/68-12/82. Deze waarden werden grafisch uitgezet in fig. 74.



**Fig. 74** : Verloop van het zuurstofgehalte in de afstand in het kanaal (12/68-12/82).

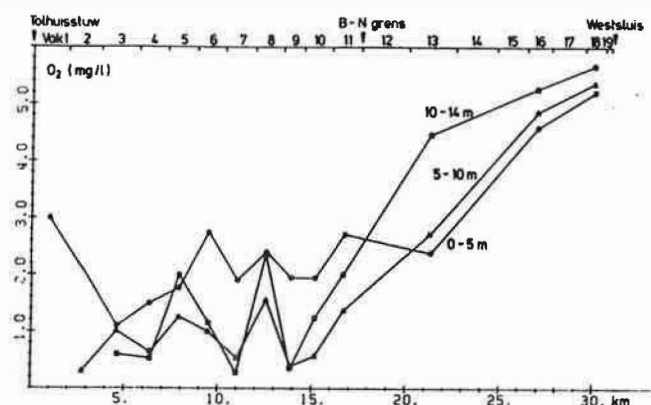
Vak	0 - 5 m		5 - 10 m		10 - 14 m	
	mg O <sub>2</sub> /l	Aantal waar-nemingen	mg O <sub>2</sub> /l	Aantal waar-nemingen	mg O <sub>2</sub> /l	Aantal waar-nemingen
1	2,18	195	-	-	-	-
2	1,50	76	0,32	8	-	-
3	0,74	73	0,47	23	0,31	14
4	1,31	50	0,32	10	0,20	5
5	1,25	66	0,56	20	0,66	13
6	2,29	98	0,68	26	0,63	19
7	1,50	31	0,63	18	0,42	13
8	1,77	81	0,91	21	0,88	15
9	0,94	18	0,54	8	0,54	8
10	1,53	27	0,95	10	0,60	5
11	2,17	432	1,10	47	1,17	37
12	-	-	-	-	-	-
13	2,64	6	2,29	5	2,36	2
14	-	-	-	-	-	-
15	-	-	-	-	-	-
16	3,78	192	2,07	2	2,86	2
17	-	-	-	-	-	-
18	3,78	185	2,34	2	2,73	1
19	-	-	-	-	-	-

**Tabel 35** : Opgeloste zuurstof per vak en per diepte-interval (12/68-12/82).

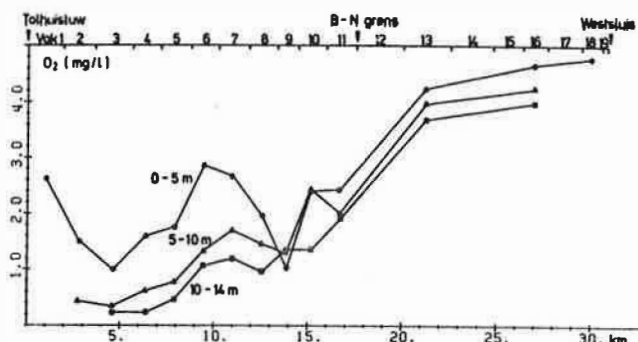
Uit tabel 35 blijkt dat de zuurstofconcentratie sterk afneemt vanaf de Tolhuisstuw (vak 1) tot aan de Ringvaart (vak 3) in het diepte-interval 0-5 m. Daarna is er een toename met een opmerkelijke stijging van 1,04 mg  $O_2$ /l aan de Moervaart (vak 6) t.o.v. vak 5. Deze toename is te wijten aan de lozing van zuurstofrijker koelwater van de elektriciteitscentrale van EBES. Hierna daalt de zuurstofconcentratie terug en bereikt ze een dieptepunt in vak 9. Vanaf vak 10 is er een nieuwe toename en aan de Belgisch-Nederlandse grens bedraagt de concentratie 2,17 mg/l. Het zuurstofgehalte neemt verder toe in het Nederlands kanaalgedeelte.

In het tweede en het derde diepte-interval zijn de zuurstofconcentraties veel lager. In het Belgisch kanaalgedeelte is de concentratie voor het eerste, tweede en derde diepte-interval over alle vakken gemiddeld 1,56; 0,65 en 0,60 mg/l en in het Nederlands kanaalgedeelte zijn deze concentraties respectievelijk 3,4; 2,23 en 2,65 mg/l. De hogere zuurstofconcentratie in het derde diepte-interval van het Nederlands kanaalgedeelte is te wijten aan de aanvoer van zuurstofrijker zeewater (zouttong). In de afstand zijn de schommelingen in het Belgisch kanaalgedeelte kleiner voor het tweede en derde diepte-interval dan voor het eerste diepte-interval. In stroomafwaartse richting wordt een geleidelijke toename van het zuurstofgehalte vastgesteld gevolgd door een forsere stijging op Nederlands grondgebied.

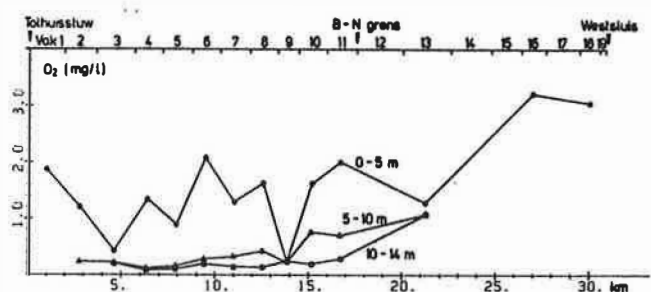
Het zuurstofgehalte in verloop van de afstand werd eveneens onderzocht per kwartaal en per diepte interval voor de periode 12/68-12/82 (fig. 75). De gemiddelde zuurstofconcentratie van alle vakken in het Belgisch kanaalgedeelte en per diepte-interval zijn opgegeven in tabel 36.



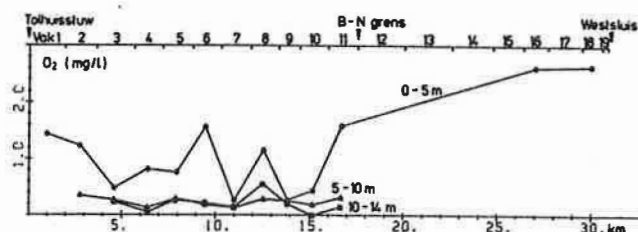
Eerste kwartaal



Tweede kwartaal



Derde kwartaal



Vierde kwartaal

Fig. 75 : Verloop van het zuurstofgehalte per kwartaal in de afstand in het kanaal (12/68-12/82).

Alhoewel de grafieken in deze figuren scherpe pieken vertonen stellen we in de verschillende diepte-intervallen en per kwartaal t.o.v. de afstand toch dezelfde tendens vast als over het ganse jaar. De zuurstofconcentratie neemt af van het eerste tot het vierde kwartaal.

Periode	0 - 5 m	5 - 10 m	10 - 14 m
jan, feb, mrt	2,09	0,87	1,17
apr, mei, jun	1,99	1,24	0,97
jul, aug, sep	1,33	0,35	0,18
okt, nov, dec	0,91	0,24	0,20
12 maanden	1,56	0,65	0,60

Tabel 36 : Gemiddeld zuurstofgehalte in alle kanaalvakken in België (12/68-12/82).

Voor de periode 11/80-2/83 (studies BECEWA) wordt er eveneens een zuurstofprofiel uitgezet in verloop van de afstand (fig. 76, tabel 37). Hieruit blijkt dat het kanaalwater nabij de Tolhuisstuw in deze periode zuurstofrijker is dan in de periode 12/68-12/82 doch dat de zuurstofdaling in het eerste en tweede diepte-interval tussen de Tolhuisstuw en de Ringvaart veel groter is. De studie per kwartaal leidt tot dezelfde besluiten als deze over de globale periode 12/68-12/82, nl. een zuurstofdaling van het eerste naar het vierde kwartaal (tabel 38).

Vak	0 - 5 m	5 - 10 m	10 - 14 m
1	3,49	-	-
2	2,39	1,65	-
3	1,11	0,77	0,49
4	1,17	0,60	0,48
5	1,50	0,64	0,73
6	1,79	0,62	0,49
7	1,77	0,80	0,32
8	1,78	0,95	0,85
9	-	-	-
10	1,65	0,97	0,66
11	2,04	1,23	1,35
12	-	-	-
13	3,31	3,15	3,50
14	-	-	-
15	-	-	-
16	4,73	4,53	4,48
17	-	-	-
18	5,02	4,95	5,14
19	-	-	-

Tabel 37 : Opgeloste zuurstof per vak en per diepte-interval (11/80-2/83).

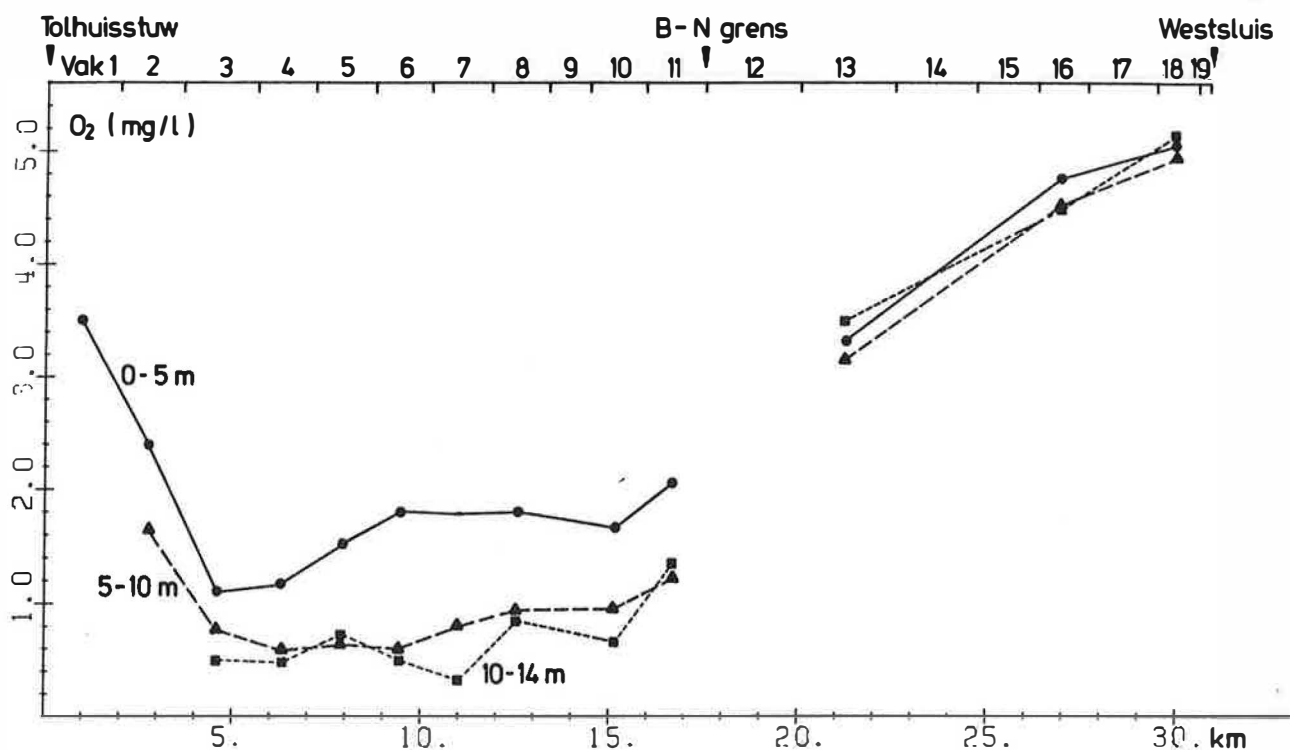


Fig. 76 : Verloop van het zuurstofgehalte in de afstand in het kanaal (11/80-2/83).

Periode	0 - 5 m	5 - 10 m	10 - 14 m
jan, feb, mrt	2,39	1,89	1,38
apr, mei, jun	2,17	1,28	0,87
jul, aug, sep	1,62	0,35	0,14
okt, nov, dec	1,20	0,25	0,28
12 maanden	1,86	0,91	0,67

Tabel 38 : Gemiddeld zuurstofgehalte in alle kanaalvakken in België (11/80-2/83).

#### 8.4. Korrelatie opgeloste zuurstof-debiet

Er werd praktisch geen korrelatie vastgesteld tussen het zuurstofgehalte en het debiet. Voor de vergelijking  $y = 0,576 + 0,086X$  was  $r^2$  slechts 0,14. De punten liggen willekeurig verspreid in een breed spectrum rond de regressierechte (fig. 77).

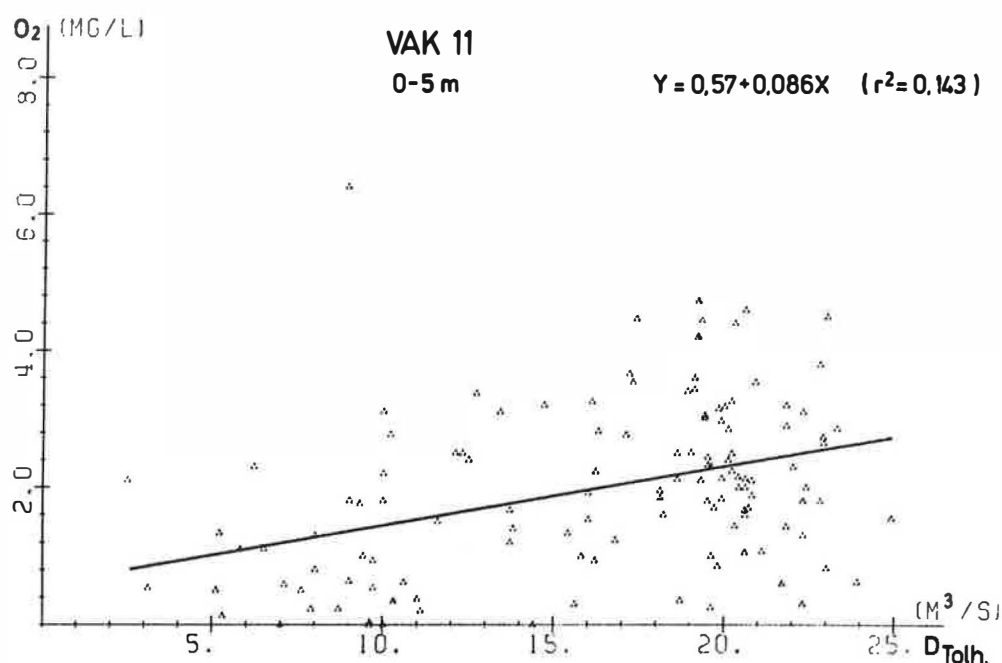


Fig. 77 : Korrelatie opgeloste zuurstof-D<sub>Tolhuis</sub>  
(12/68-12/82).

#### 8.5. Verloop in de diepte

Het zuurstofgehalte in de vakken (4,5) en (7,8,9,10,11) werd berekend per diepte-interval voor de periode 11/80-2/83. In het eerste, tweede en derde diepte-interval is de zuurstofconcentratie voor vak (4,5) 1,54; 0,73 en 0,80 mg/l en voor vak (7,8,9,10,11) 1,94; 1,32 en 1,33 mg/l. De zuurstofdaling is het grootst tussen het eerste en het tweede diepte-interval, terwijl er een eerder geringe toename is tussen het tweede en het derde diepte interval door het inkomend zeewater.

### 8.6. Verloop in de tijd in de wateraanvoerende waterlopen

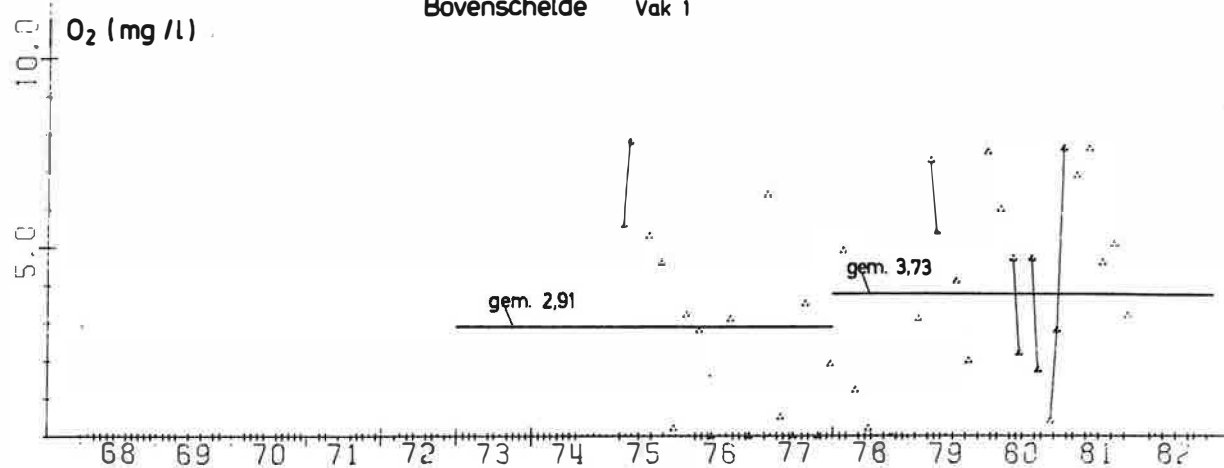
De zuurstofconcentraties van de dichtst bij het kanaal gelegen vakken van de wateraanvoerende waterlopen zijn opgegeven in tabel 39 per periode van 5 jaar. In fig. 78 is het verloop weergegeven van het zuurstofgehalte in de Bovenschelde, de Leie en de Moervaart.

	1/68-12/72	1/73-12/77	1/78-12/82
Bovenschelde	-	2,91	3,73
Leie	-	5,23	9,30
Kanaal Gent-Oostende	0,24	-	3,94
Ringvaart	2,39	-	-
Lieve	-	-	1,75
Kale	-	-	-
Burggravenstroom	-	-	3,90
Avrijevaart	-	-	7,29
Langelede	-	2,65	8,50
Zuidlede	-	3,98	5,32
Moervaart	3,54	2,94	4,78

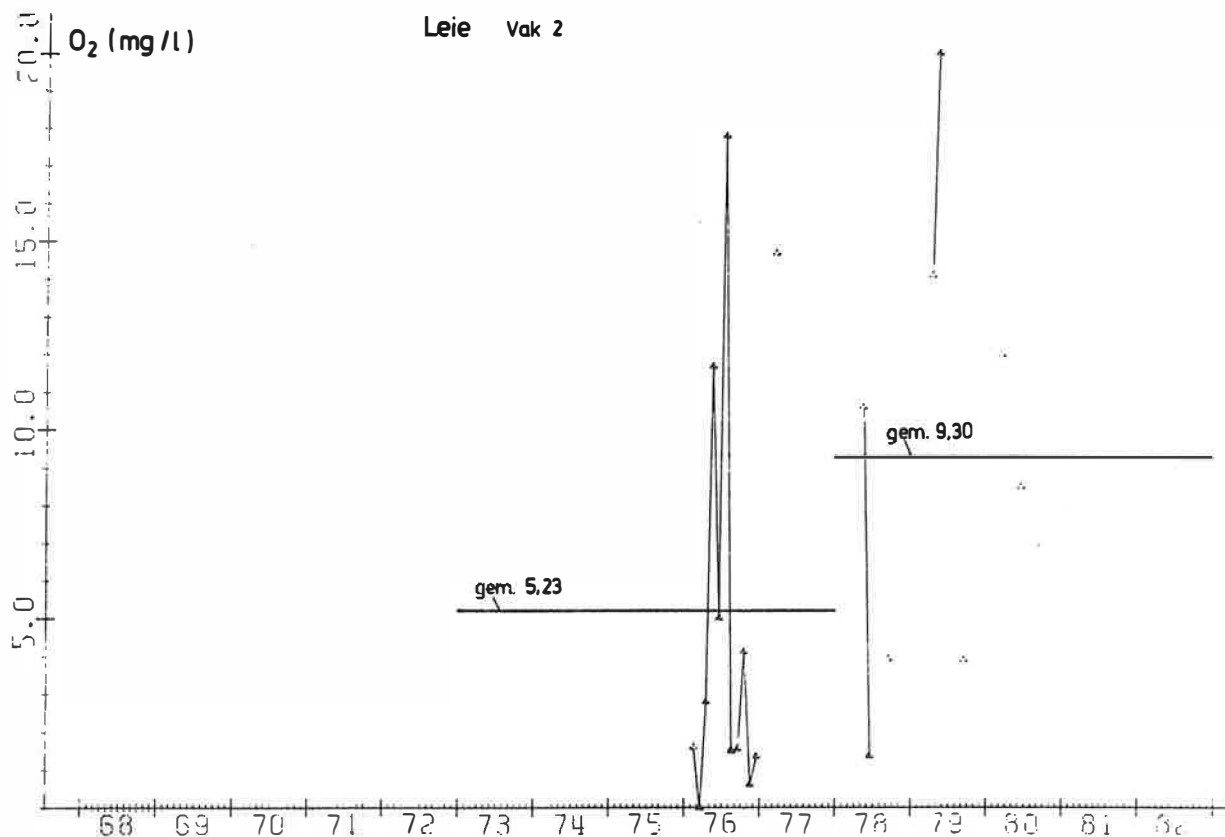
Tabel 39 : Opgeloste zuurstof in de wateraanvoerende waterlopen t.o.v. de tijd.

Het blijkt dat de wateraanvoerende waterlopen zuurstofrijker zijn dan het kanaal. De zuurstofconcentratie nam de laatste jaren nog toe, vooral in de Bovenschelde en in de Leie. Dit heeft een directe invloed op het kanaalwater. Uit fig. 78 blijkt echter dat de concentraties nog enorm schommelen op korte termijn.

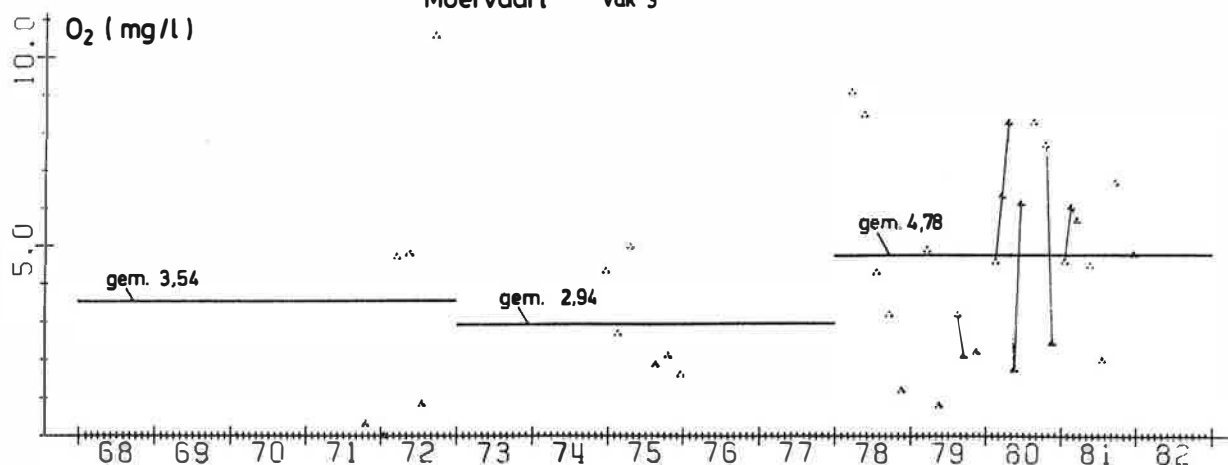
## Bovenschelde Vak 1



## Leie Vak 2



## Moervaart Vak 3



**Fig. 78** : Verloop van het zuurstofgehalte in de tijd in de Bovenschelde, de Leie en de Moervaart.

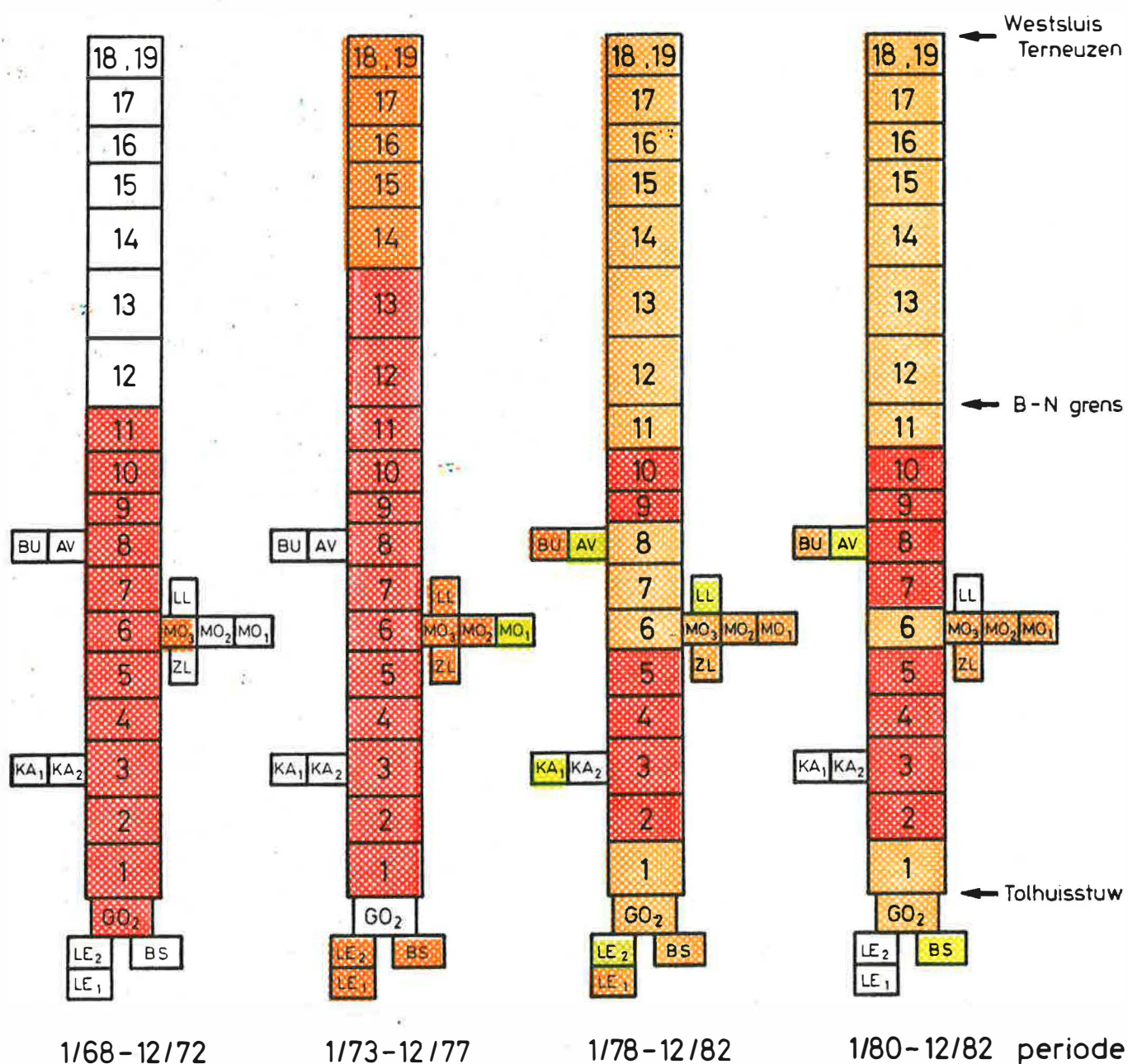


### 8.7. Kwaliteitsindex

Zoals eerder vermeld is de totale verontreinigingsindex het rekenkundig gemiddelde van de indexen per parameter. Om de kwaliteitsevolutie per vak en in het verloop van de tijd schematisch voor te stellen werd de index van de opgeloste zuurstof in het diepte-interval 0-5 m in het kanaal en in het diepte interval 0-2 m in de wateraanvoerende waterlopen opgegeven in fig. 79. In de volgende punten is dit op dezelfde wijze uitgevoerd voor BOD, COD,  $\text{NH}_3\text{-N}$ ,  $\text{NO}_3\text{-N}$ , geleidbaarheid en  $\text{Cl}^-$ . Alle kanaalvakken in België behoren tot klasse 5 in de perioden 1/68-12/72 en 1/73-12/77 (<20% verzadiging). In de periode 1/73-12/77 behoren de vakken 14-19 in het Nederlands kanaalgedeelte tot klasse 4 (20-50% verzadiging).

In de periode 1/78-12/82 behoren de vakken 2 tot 5 en 9 tot 10 van het kanaal tot klasse 5. Vak 1, 6 tot 8 en 11 tot 19 hebben klasse 4. We bemerken hier duidelijk de gunstige invloed van de Moervaart (elektriciteitscentrale) op het kanaalwater. In de periode 1/80-12/82 verkrijgt men ongeveer hetzelfde beeld als in de periode 1/78-12/82. Het zuurstofgehalte neemt toe in verloop van de tijd en in stroomafwaartse richting. De Bovenschelde, de Leie, de Moervaart, de Langelede, de Zuidlede, de Avrijevaart en de Burggravenstroom behoren tot klasse 4 met uitzondering van vak 1 van de Moervaart in de periode 1/73-12/77 en van de Bovenschelde in de periode 1/80-12/82. De wateraanvoerende waterlopen hebben een gunstige invloed op het kanaalwater.

Fig. 80 is de index voor opgeloste zuurstof in het kanaal in het diepte-interval 5-10 m. In de verschillende perioden behoort het kanaalwater in België steeds tot klasse 5 en in Nederland steeds tot klasse 4. In dit diepte-interval is het zuurstofgehalte lager



GO Kanaal Gent - Oostende (vak 2)  
 BS Bovenschelde  
 LE Lere (vak 1,2)  
 KA Kale (vak 1,2)  
 BU Burggravenstroom  
 AV Avrijevaart  
 LL Langelede  
 ZL Zuidlede  
 MO Moervaart (vak 1,2,3)

Fig. 79 : Kwaliteitsindex op basis van de opgeloste zuurstof (0-5 m).

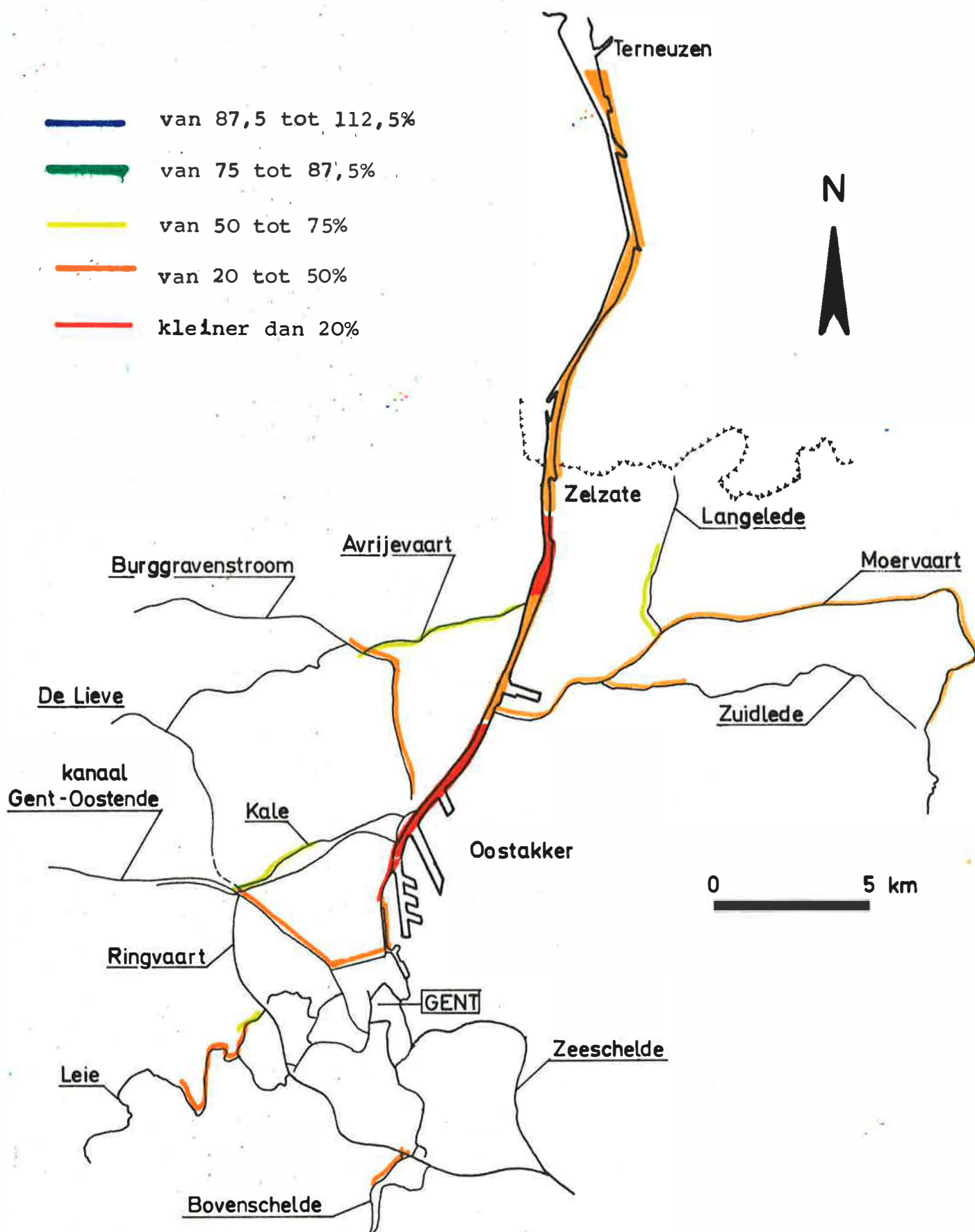
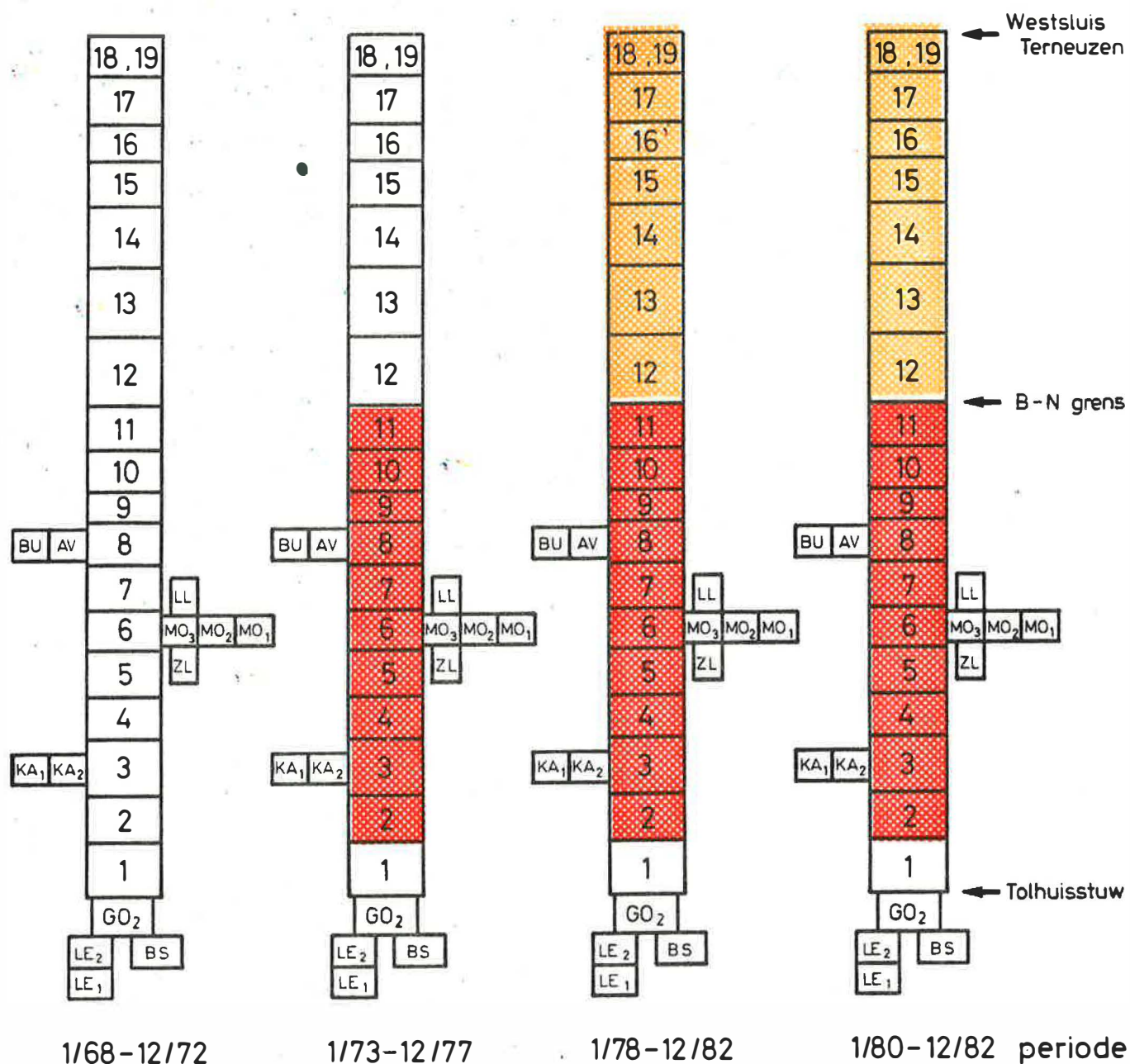


Fig. 79a : Kwaliteitsindex op basis van de opgeloste zuurstof (0-5 m).



GO Kanaal Gent - Oostende (vak 2)  
 BS Bovenschelde  
 LE Leie (vak 1,2)  
 KA Kale (vak 1,2)  
 BU Burggravenstroom  
 AV Avrijevaart  
 LL Langelede  
 ZL Zuidlede  
 MO Moervaart (vak 1,2,3)

Fig. 80 : Kwaliteitsindex op basis van de opgeloste zuurstof (5-10 m).

dan in het diepte-interval 0-5 m. De stijging aan de Moervaart in het diepte-interval 5-10 m is niet meer voldoende om klasse 4 te bereiken.

#### 8.8. Besluit

Het zuurstofgehalte neemt toe in het verloop van de tijd. In het diepte-interval 0-5 m is de gemiddelde concentratie opgeloste zuurstof in de vakken (1,2), 4, 8 en 11, in de perioden 1/68-12/72, 1/73-12/77 en 1/78-12/82 respectievelijk 0,7; 1,6 en 2,3 mg/l.

Er is een daling van het zuurstofgehalte van het eerste naar het vierde kwartaal. In het verloop van de afstand schommelt het zuurstofgehalte sterk in het diepte-interval 0-5 m. Opmerkelijk zijn de lage concentraties in vak 3 en 9 en de hogere concentraties in vak 6 (Moervaart). Aan de Belgisch-Nederlandse grens is het zuurstofgehalte 2,17 mg/l. In het Nederlands kanaalgedeelte neemt het verder toe. In het tweede en derde diepte-interval zijn de zuurstofconcentraties lager. In de periode 12/68-12/82 is het zuurstofgehalte in het Belgisch kanaalgedeelte in het eerste, tweede en derde diepte-interval 1,56; 0,65 en 0,60 mg/l terwijl het in het Nederlands kanaalgedeelte 3,4; 2,23 en 2,65 mg/l is. Er werd geen verband vastgesteld tussen het zuurstofgehalte en het debiet.

De wateraanvoerende waterlopen zijn zuurstofrijker dan het kanaal en de concentraties namen nog toe tijdens de laatste jaren.



## 9. Biochemisch zuurstofverbruik

### 9.1. Verloop in de tijd

In het verloop van de tijd is er een duidelijke verbetering in de BOD belasting. Het BOD verloop in het diepte-interval 0-5 m en in de vakken (1,2), 4, 8 en 11 werd weergegeven in fig. 81. In tabel 40 zijn de gemiddelde waarden opgegeven per vak voor de perioden 1/68-12/72; 1/73-12/77 en 1/78-12/82.

Vak	1/68-12/72	1/73-12/77	1/78-12/82
1,2	24,5	9,9	8,3
4	14,0	11,6	6,9
8	13,2	7,7	4,9
11	15,5	10,7	4,8
gemiddelde	16,8	10,0	6,2

Tabel 40 : BOD in het kanaal per vak t.o.v. de tijd (0-5 m).

Ten opzichte van de periode 1/68-12/72 daalde de BOD 40% in de periode 1/73-12/77 en 63% in de periode 1/78-12/82. De 3 niveau's zijn duidelijk te onderscheiden in fig. 81. De maandgemiddelden schommelen minder in de laatste periode dan in de vorige perioden. In vak 11 varieerde het maandgemiddelde over het algemeen tussen 4 en 20 mg O<sub>2</sub>/l in de periode 1/73-12/77 en in de periode 1/78-12/82 tussen 2 en 10 mg O<sub>2</sub>/l. Voor de andere vakken is dezelfde tendens waar te nemen.

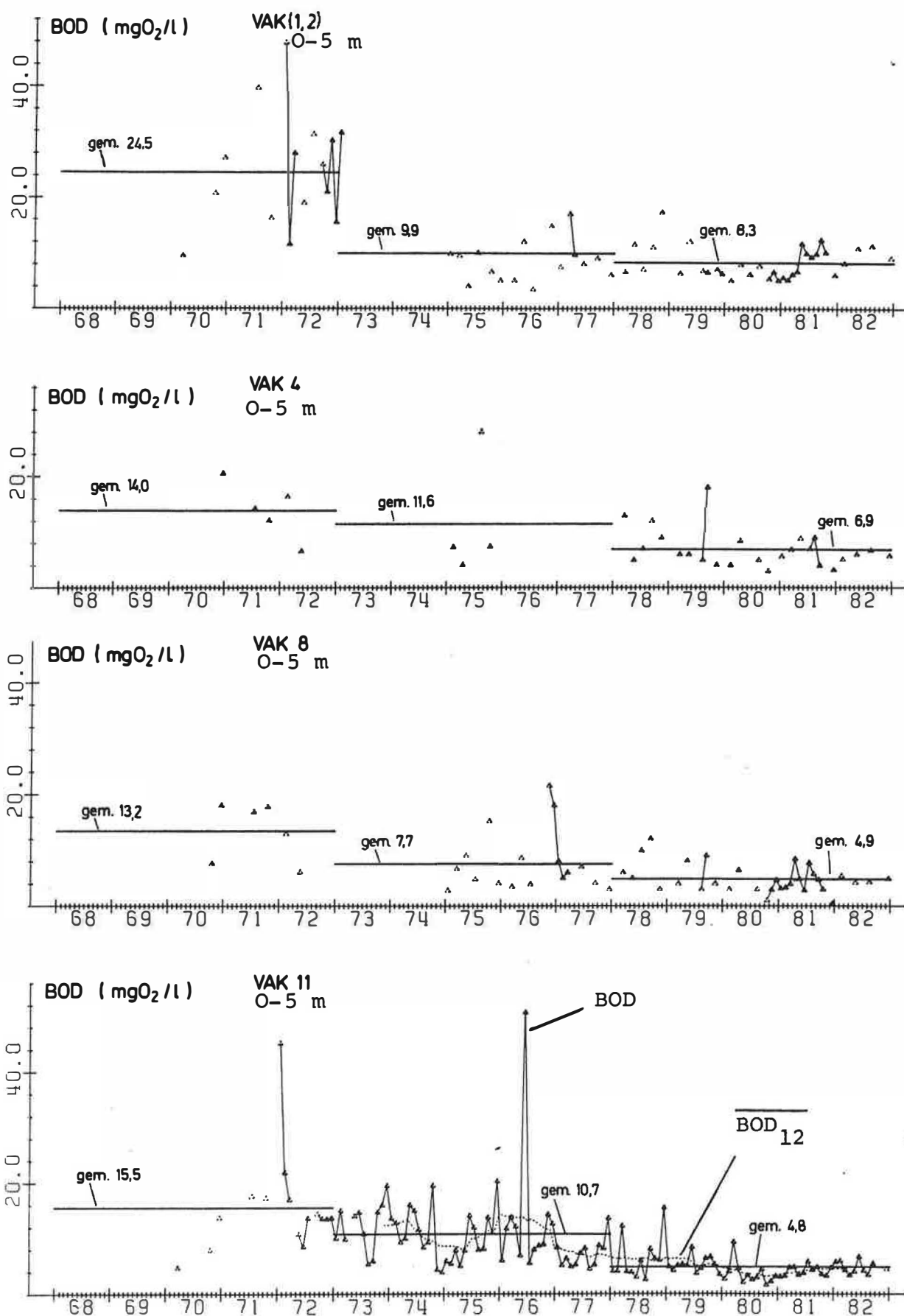


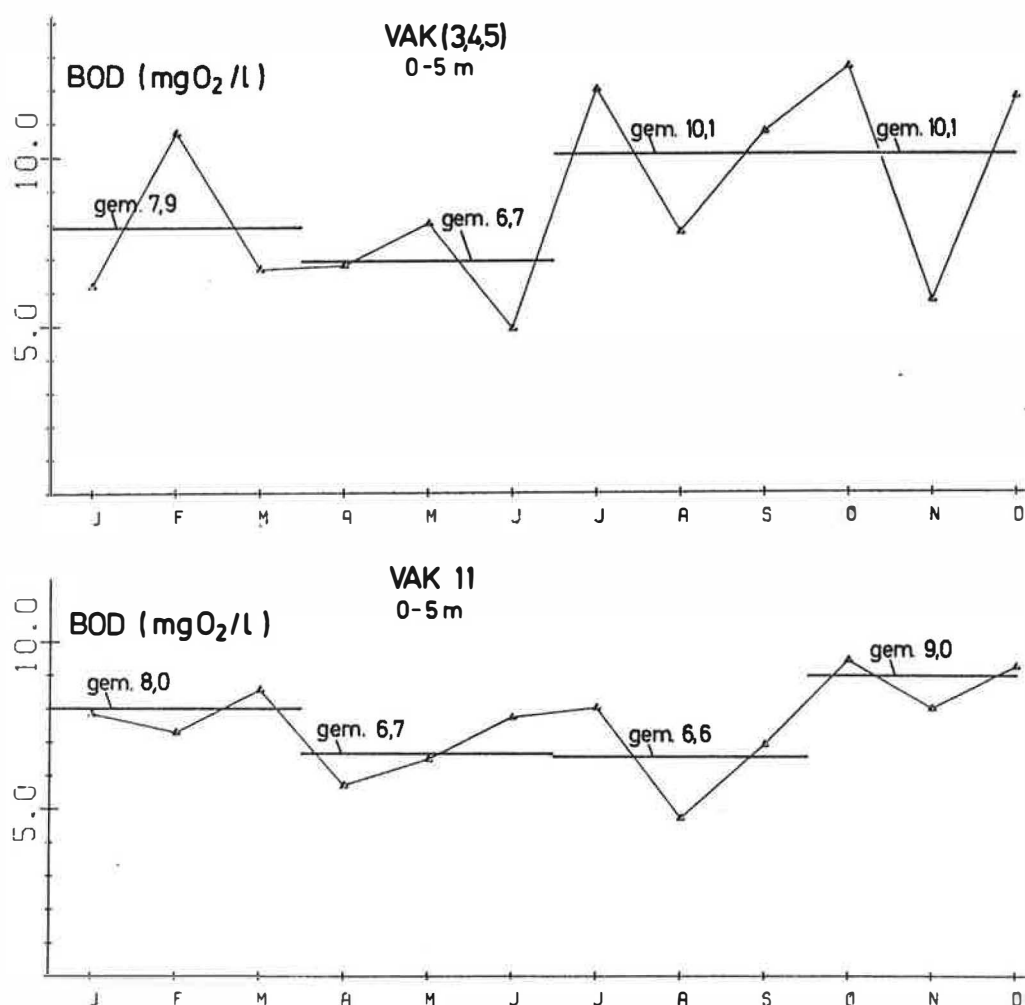
Fig. 81 : Verloop van de BOD in de tijd in het kanaal.

BOD = maandgemiddelde.

$\overline{\text{BOD}}_{12}$  = twaalfmaandelijks symmetrisch voortschrijdend gemiddelde.

## 9.2. Gemiddelde per maand

Uit de gemiddelde BOD per maand in de periode 12/68-12/82 is er geen jaarcyclus waar te nemen (fig. 82). Alhoewel de gemiddelden in vak 11 gesteund zijn op 403 waarnemingen zijn er nog grote schommelingen per maand in een bepaald kwartaal. In vak 11 is de BOD in het tweede en derde kwartaal iets lager dan in het eerste en vierde kwartaal wat het gevolg zou kunnen zijn van een grotere zelfzuivering in de zomer en een verminderde industriële activiteit in de verlofperiode.



**Fig. 82** : Gemiddelde BOD per maand in het kanaal (12/68-12/82).



### 9.3. Verloop in de afstand

Uit het lengteprofiel (fig. 83) blijkt dat de BOD aan de Ringvaart (vak 3) een concentratie bereikt van 11,4 mg O<sub>2</sub>/l, naar vak 4 terug daalt tot 9,0 mg O<sub>2</sub>/l en ongeveer stabiel blijft tot in vak 7 (in vak 3 is het zuurstofgehalte laag). Tussen vak 7 en vak 8 is er een daling en tussen vak 8 en vak 9 stijgt de BOD van 6,6 naar 14,6 mg O<sub>2</sub>/l. Anderzijds stellen we vast dat het zuurstofgehalte daalt van 1,8 naar 0,9 mg O<sub>2</sub>/l tussen vak 8 en vak 9. Er is dus een duidelijk verband tussen de BOD concentratie en het zuurstofgehalte. Vervolgens daalt de BOD concentratie en bereikt een waarde van 7,6 mg O<sub>2</sub>/l aan de Belgisch-Nederlandse grens. In het Nederlands kanaalgedeelte is er een verdere daling tot ongeveer 4 mg O<sub>2</sub>/l. In het algemeen heeft het zuurstofverloop vanaf vak 8 het symmetrisch beeld van het BOD verloop.

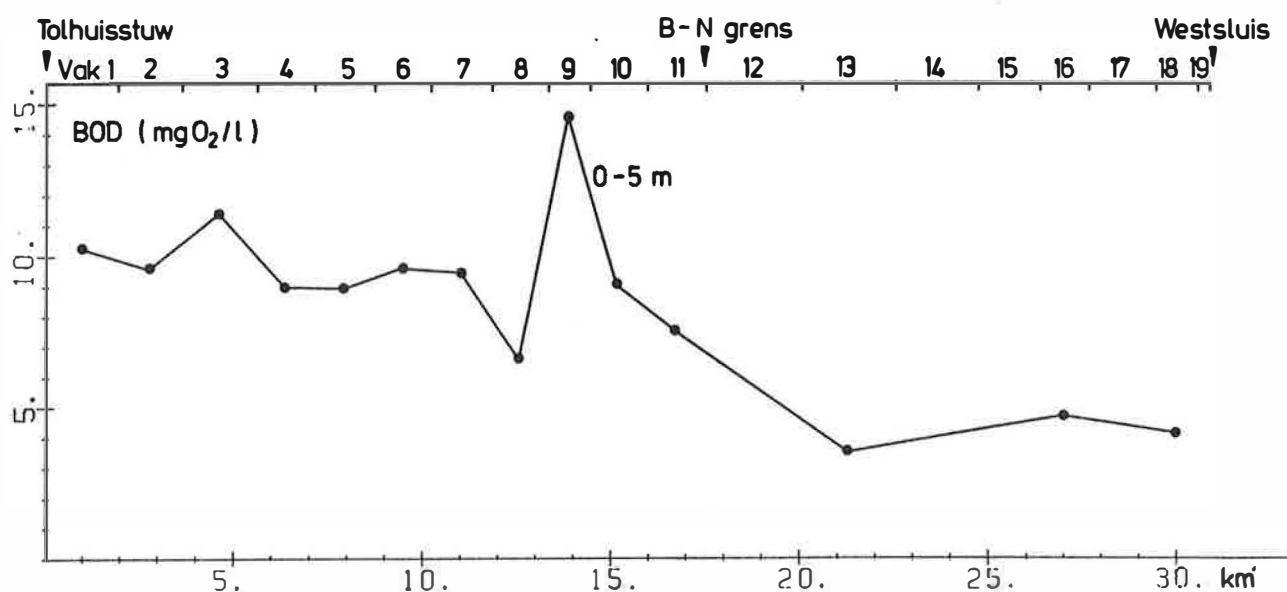
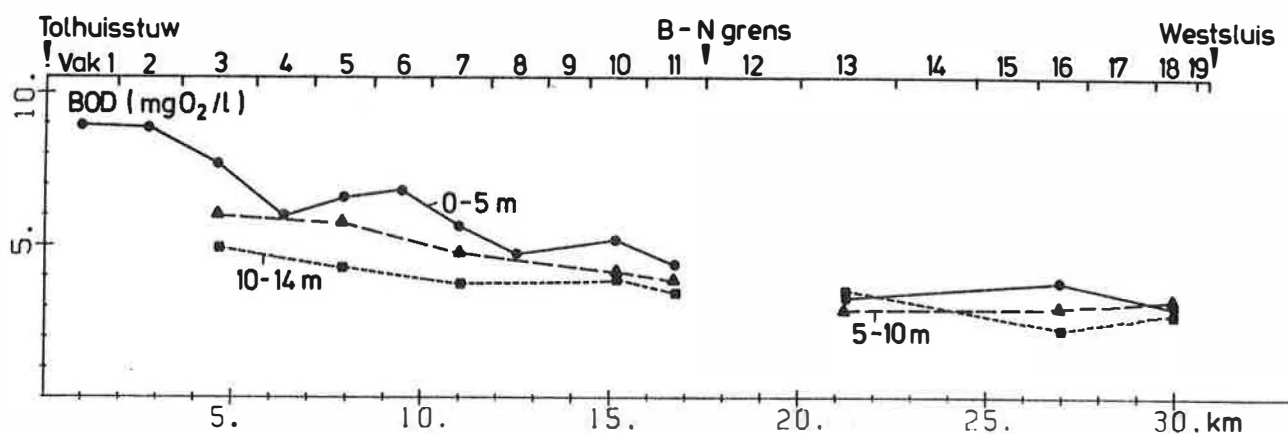


Fig. 83 : Verloop van de BOD in de afstand in het kanaal (12/68-12/82).

Voor de periode 11/80-2/83 (2 studies BECEWA) werd het BOD verloop uitgezet in de afstand voor de drie diepte-intervallen (fig. 84). In het eerste diepte-interval daalt de BOD concentratie vanaf de Tolhuisstuw tot aan de Belgisch-Nederlandse grens van 8,9 tot 4,4 mg O<sub>2</sub>/l. In het Nederlands kanaalgedeelte is er een verdere daling tot 3,0 mg O<sub>2</sub>/l. De afname kan toe te schrijven zijn aan zelfzuivering, uitvlokking en verdunning met zeewater. De verdunning met zeewater alleen is echter onvoldoende om deze daling te veroorzaken. In tegenstelling met het BOD verloop voor de periode 12/68-12/82 stellen we voor de periode 11/80-2/83 geen piekkoncentratie meer vast in vak 9. De BOD daalt met toenemende diepte doch het verloop in de afstand is voor het tweede en derde diepte-interval gelijk aan dit van het eerste diepte-interval.



**Fig. 84** : Verloop van de BOD in de afstand in het kanaal (11/80-2/83).

#### 9.4. Korrelatie BOD-debiet

Uit de korrelatie BOD-debiet, gesteund op waarnemingen in de periode 12/68-12/82, blijkt dat er slechts een zeer kleine korrelatie bestaat tussen beide. Voor de best passende vergelijking  $y = 15,761 - 0,468X$  is  $r^2$  0,28 (fig. 85).

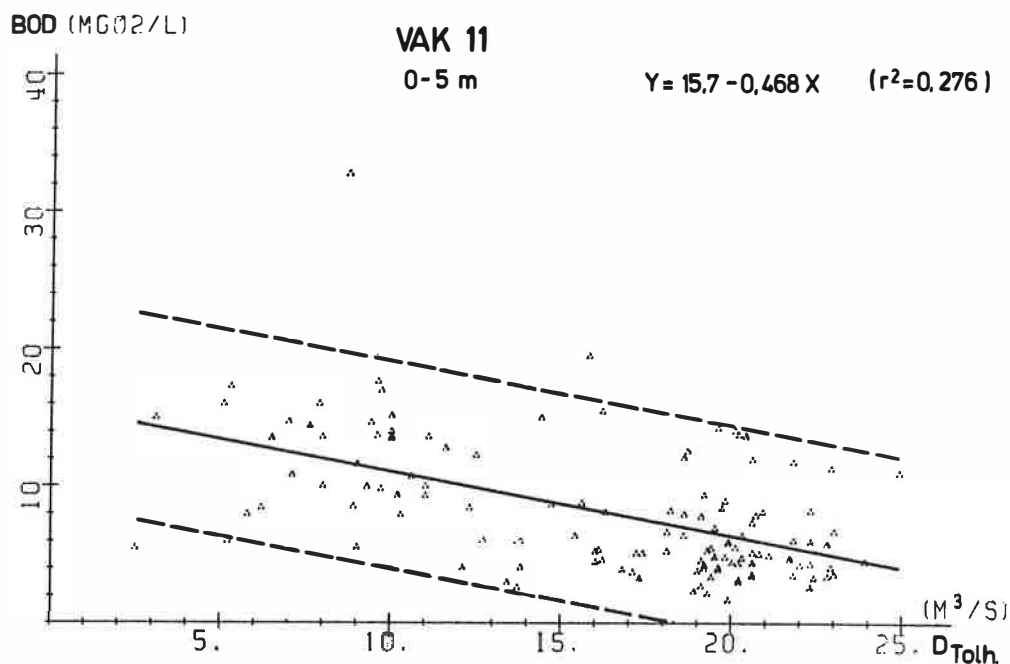


Fig. 85 : Korrelatie BOD- $D_{Tolhuis}$  (12/68-12/82).

De punten boven- en onderaan de regressierechte kunnen wel begrensd worden door een lijn die parallel is aan de regressierechte. Het grote spreidingsgebied tussen de bovenste en de onderste lijn kan te wijten zijn aan de afwijking van het debiet in vak 11 t.o.v.  $D_{Tolhuis}$ . Het debiet in vak 11 is niet gelijk aan  $D_{Tolhuis}$  want, afhankelijk van het seizoen, is er tussen de Tolhuisstuw en vak 11 een extra toevoer of zelfs afvoer (Moervaart). De punten onder de regressierechte stemmen overeen met een periode van extra toevoer. De onderste lijn geeft aldus de meest gunstige toestand aan en de bovenste lijn de meest ongunstige toestand.

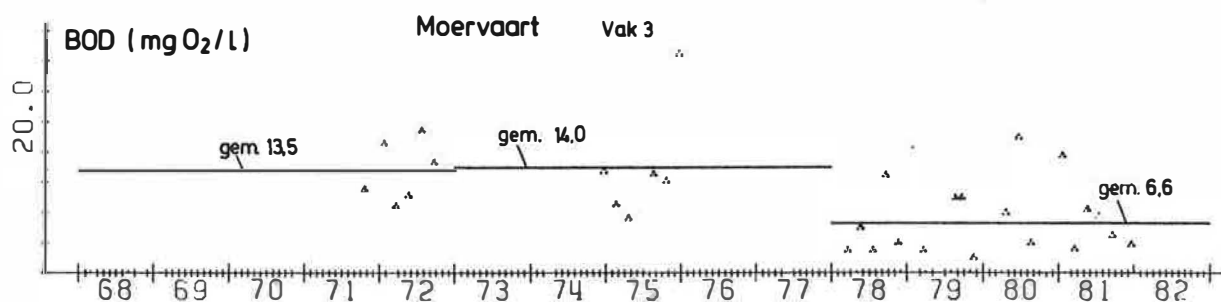
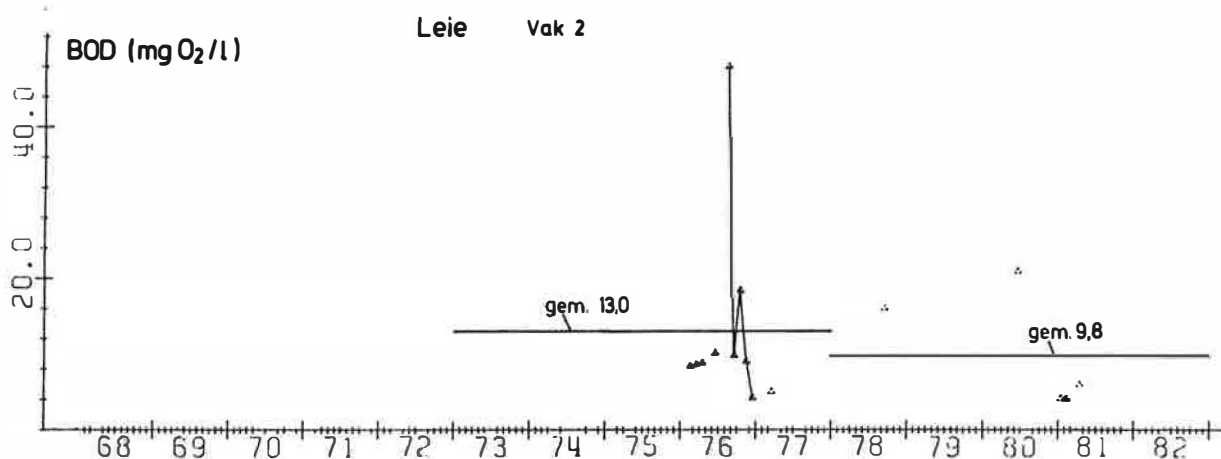
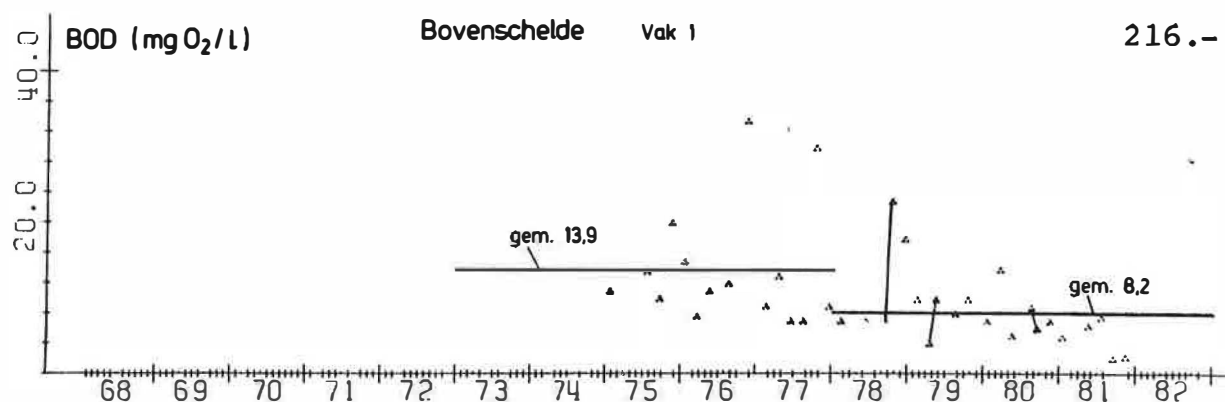
Uit het BOD verloop in de tijd bemerken we dat de wateraanvoerende waterlopen ongeveer dezelfde BOD hebben als deze in het kanaal. De kwaliteitsverbetering van het kanaalwater bij een hoger debiet zal in hoofdzaak te wijten zijn aan de verbeterde kwaliteit van de wateraanvoerende waterlopen in een natte periode. Alhoewel er, door de kunstmatige regeling van het debiet aan de Tolhuisstuw, geen rechtstreeks verband hoeft te bestaan tussen  $D_{\text{Tolhuis}}$  en de natheid van een periode stellen we toch vast dat perioden van grote natheid (b.v. eind 1974) en grote droogte (b.v. zomer 1976) hun invloed hebben op  $D_{\text{Tolhuis}}$ .

#### 9.5. Verloop in de diepte

Voor de periode 11/80-2/83 werd de BOD berekend per diepte-interval voor de vakken (4,5) en (7,8,9,10,11). Voor het eerste, tweede en derde diepte-interval is de BOD in vak (4,5) 6,5; 5,8 en 4,3 mg  $O_2/l$  en voor vak (7,8,9,10,11) 4,5; 4,3 en 3,7 mg  $O_2/l$ . De BOD daalt dus met toenemende diepte.

#### 9.6. Verloop in de tijd in de wateraanvoerende waterlopen

De BOD concentraties van de dichtst bij het kanaal gelegen vakken van de wateraanvoerende waterlopen werden uitgezet in verloop van de tijd. In fig. 86 zijn alleen deze van de Bovenschelde, de Leie en de Moervaart opgegeven. In tabel 41 zijn de gemiddelde concentraties opgegeven per waterloop en per periode van 5 jaar. Uit deze tabel blijkt dat de Bovenschelde, de Leie en de Moervaart een lagere BOD hebben in de periode 1/78-12/82 dan in de periode 1/73-12/77. De gunstige weerslag hiervan is merkbaar in het kanaalwater waarvan de BOD de laatste periode van 5 jaar ook lager is dan de vorige periode. De BOD aan de Tolhuisstuw is ongeveer gelijk aan deze van de Bovenschelde en de Leie.



**Fig. 86** : Verloop van de BOD in de tijd in de Bovenschelde, de Leie en de Moervaart.

	1/68-12/72	1/73-12/77	1/78-12/82
Bovenschelde	-	13,9	8,2
Leie	-	13,0	9,8
kanaal Gent-Oostende	34,8	37,2	7,2
Ringvaart	16,3	-	-
Langelede	-	14,1	-
Zuidlede	-	38,2	9,0
Moervaart	13,5	14,0	6,6

**Tabel 41** : BOD in de wateraanvoerende waterlopen t.o.v. de tijd.

### 9.7. Kwaliteitsindex

De BOD index die een onderdeel vormt van de totale verontreinigingsindex, wordt voorgesteld in fig. 87. Voor het kanaal werd het diepte-interval 0-5 m voorgesteld en voor de wateraanvoerende waterlopen het diepte-interval 0-2 m. We bemerken een duidelijke kwaliteitsverbetering in het verloop van de tijd en in de stroomafwaartse richting. De vakken in het Belgisch kanaalgedeelte behoren tot klasse 5 ( $>12 \text{ mg O}_2/\text{l}$ ) in de periode 1/68-12/72. Van 1/73 tot 12/77 duidt de index klasse 4 aan ( $6-12 \text{ mg O}_2/\text{l}$ ) voor alle vakken van het kanaal, uitgezonderd voor vak 9, 18 en 19. Vak 9 behoort tot klasse 5 en vak 18 en 19 tot klasse 3 ( $3-6 \text{ mg O}_2/\text{l}$ ). In de periode 1/78-12/82 behoort vak 1 tot 7 en vak 9 tot 10 tot klasse 4 en vak 8 en vak 11 tot 17 tot klasse 3. Vak 18 en 19 behoort tot klasse 2 ( $1,5-3 \text{ mg O}_2/\text{l}$ ). In de periode 1/80-12/82 wordt ongeveer hetzelfde beeld verkregen als in de periode 1/78-12/82.

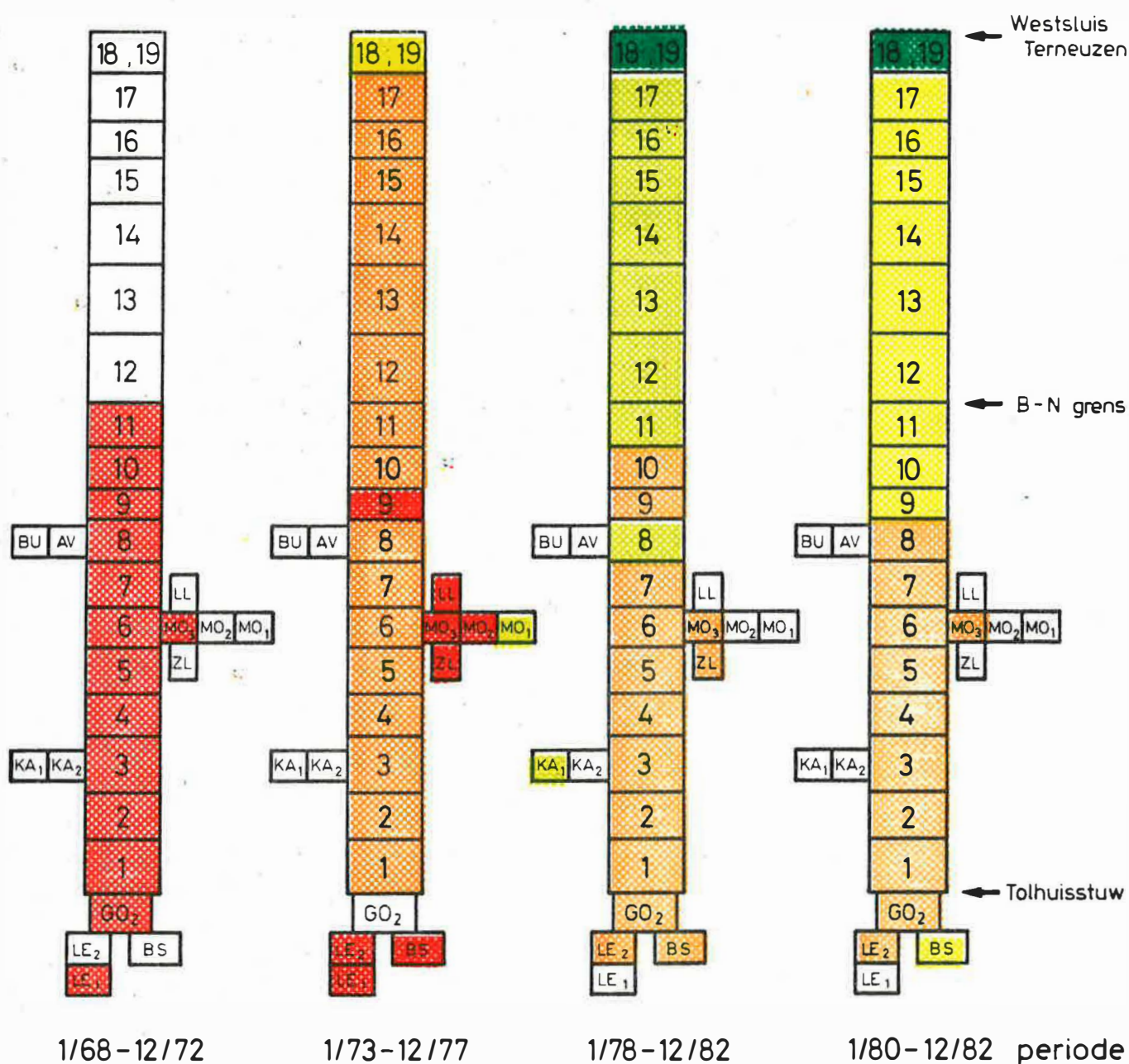
De wateraanvoerende waterlopen behoren over het algemeen in de perioden 1/68-12/72 en 1/73-12/77 tot klasse 5 terwijl er in de periode 1/78-12/82 een kwaliteitsverbetering is tot klasse 4.

Wat de BOD betreft zijn het Belgisch kanaalgedeelte en de wateraanvoerende waterlopen verontreinigd tot zwaar verontreinigd. Het Nederlands kanaalgedeelte is licht verontreinigd tot verontreinigd.

### 9.8. Besluit

Er is een duidelijke kwaliteitsverbetering in het verloop van de tijd. De gemiddelde BOD van de vakken (1,2), 4, 8 en 11 is respectievelijk 16,8; 10 en 6,2  $\text{mg O}_2/\text{l}$  in de perioden 1/68-12/72, 1/73-12/77 en 1/78-12/82 in het diepte-interval 0-5 m. De BOD is niet onderhevig aan een jaarcyclus.

In de periode 12/68-12/82 is de BOD aan de Tolhuisstuw 10,3 en aan de Belgisch-Nederlandse grens 7,6 mg  $O_2$ /l. In vak 3 en 9 komen er piekkoncentraties voor. De BOD is merkelijk lager in het Nederlands kanaalgedeelte. Uit het verloop in de afstand van de BOD en de opgeloste zuurstof bemerken we dat er een verband bestaat tussen beide. In de periode 1/80-2/83 daalt de BOD geleidelijk vanaf de Tolhuisstuw tot in Terneuzen. Er is een daling met toenemende diepte. Vanaf vak 4 tot 11 is de gemiddelde BOD in het eerste, tweede en derde diepte-interval respectievelijk 5,5; 5 en 4 mg  $O_2$ /l. De korrelatie BOD- $D_{Tolhuis}$  in vak 11 is zeer klein wat gedeeltelijk te wijten is aan de afwijking van het debiet in vak 11 t.o.v.  $D_{Tolhuis}$ . De kwaliteitsverbetering bij toenemend debiet zal vooral het gevolg zijn van de verbeterde kwaliteit van de wateraanvoerende waterlopen. De kwaliteit van de Bovenschelde en de Leie is ongeveer gelijk aan deze van het kanaalwater aan de Tolhuisstuw. In de laatste periode is de kwaliteit van de wateraanvoerende waterlopen nog verbeterd.



GO	Kanaal Gent-Oostende (vak 2)
BS	Bovenschelde
LE	Leie (vak 1,2)
KA	Kale (vak 1,2)
BU	Burggravenstroom
AV	Avrijevaart
LL	Langelede
ZL	Zuidlede
MO	Moervaart (vak 1,2,3)

Fig. 87 : Kwaliteitsindex op basis van het biochemisch zuurstofverbruik (0-5 m).



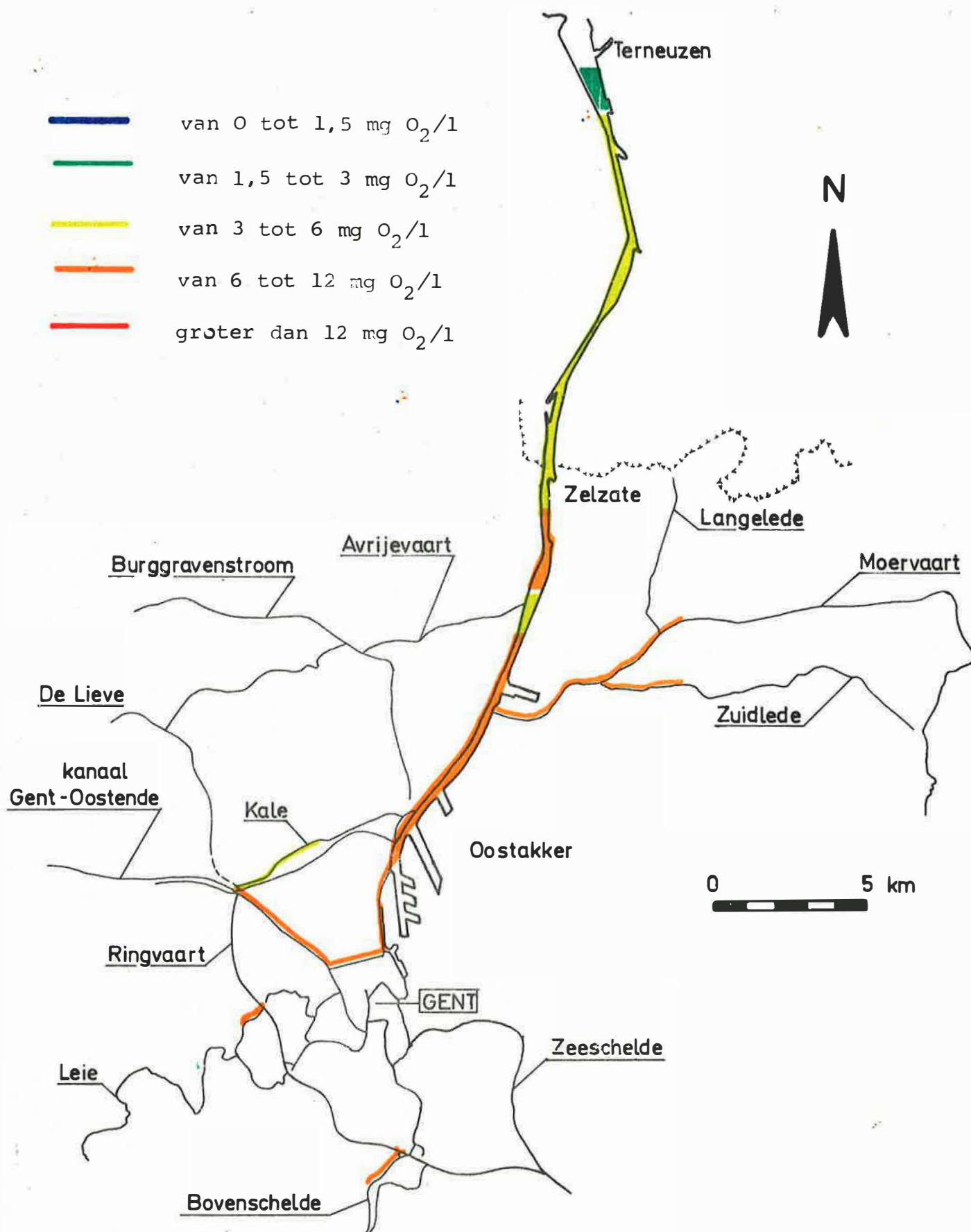


Fig. 87a : Kwaliteitsindex op basis van het biochemisch zuurstofverbruik (0-5 m).

## 10. Chemisch zuurstofverbruik

### 10.1. Verloop in de tijd

De maandgemiddelden in het diepte-interval 0-5 m variëren sterk in verloop van de tijd. Uit de gemiddelden van de vakken (1,2), 4, 8 en 11 per periode van 5 jaar is er geen algemene daling vast te stellen. Het COD verloop in de tijd is weer-gegeven in fig. 88. De gemiddelde waarden per vak voor de perioden 1/68-12/72, 1/73-12/77 en 1/78-12/82 zijn opgegeven in tabel 42.

Vak	1/68-12/72	1/73-12/77	1/78-12/82
(1,2)	90,9	68,6	70,9
4	-	54,0	111
8	-	106	126
11	70,7	83,1	78,3
gemiddelde	80,8	80,0	97

Tabel 42 : COD in het kanaal per vak t.o.v. de tijd (0-5 m).

Uit deze gegevens blijkt dat de COD eerder toeneemt dan afneemt in het verloop van de tijd. In vak 11 (Belgisch-Nederlandse grens) waar het meest gegevens beschikbaar zijn, stellen we wel een daling vast sedert 1979. Het twaalfmaandelijks voortschrijdend gemiddelde duidt in 1980 een waarde aan van slechts 60 mg O<sub>2</sub>/l. Deze concentratie blijft aanhouden in 1981 en 1982.

### 10.2. Gemiddelde per maand

De gemiddelde COD in het diepte-interval 0-5 m in de vakken (3,4,5) en 11 in de periode 12/68-12/82 werd uitgezet per maand (fig. 89). Ook hier is er geen jaarcyclus waar te nemen tenzij een lichte stijging in het derde en vierde kwartaal. In vak 11

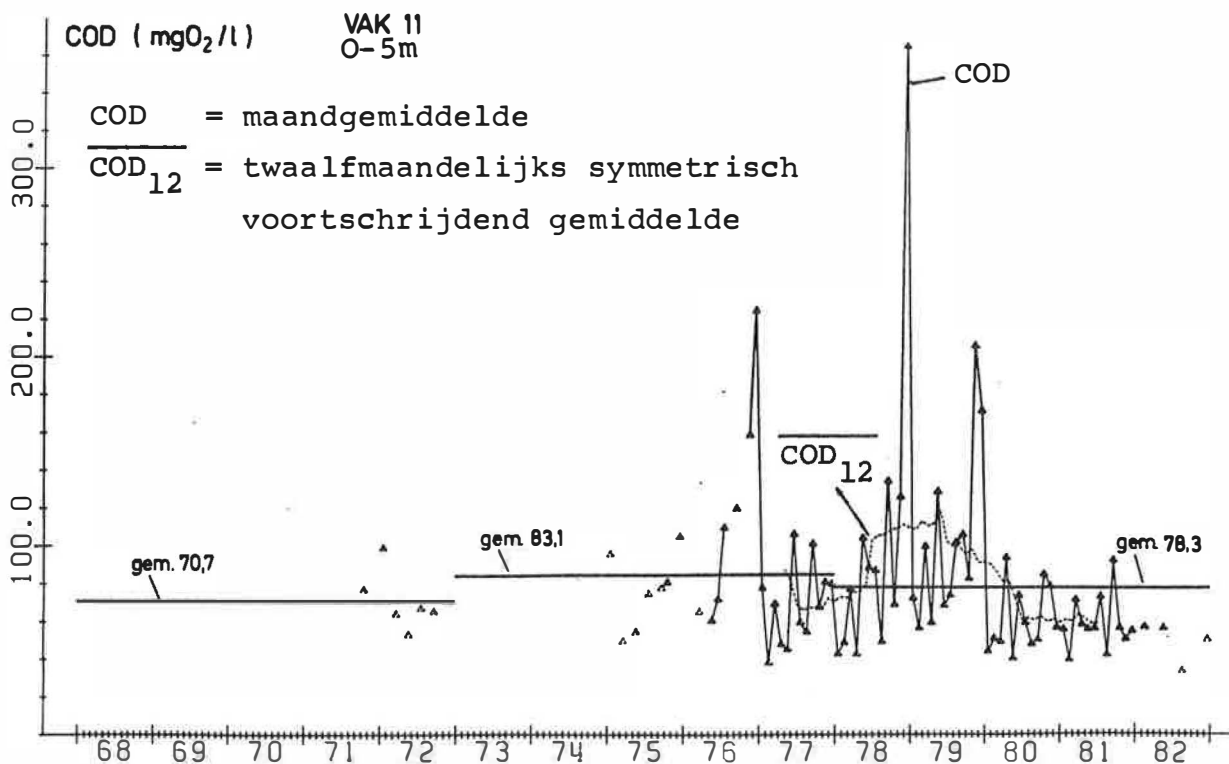
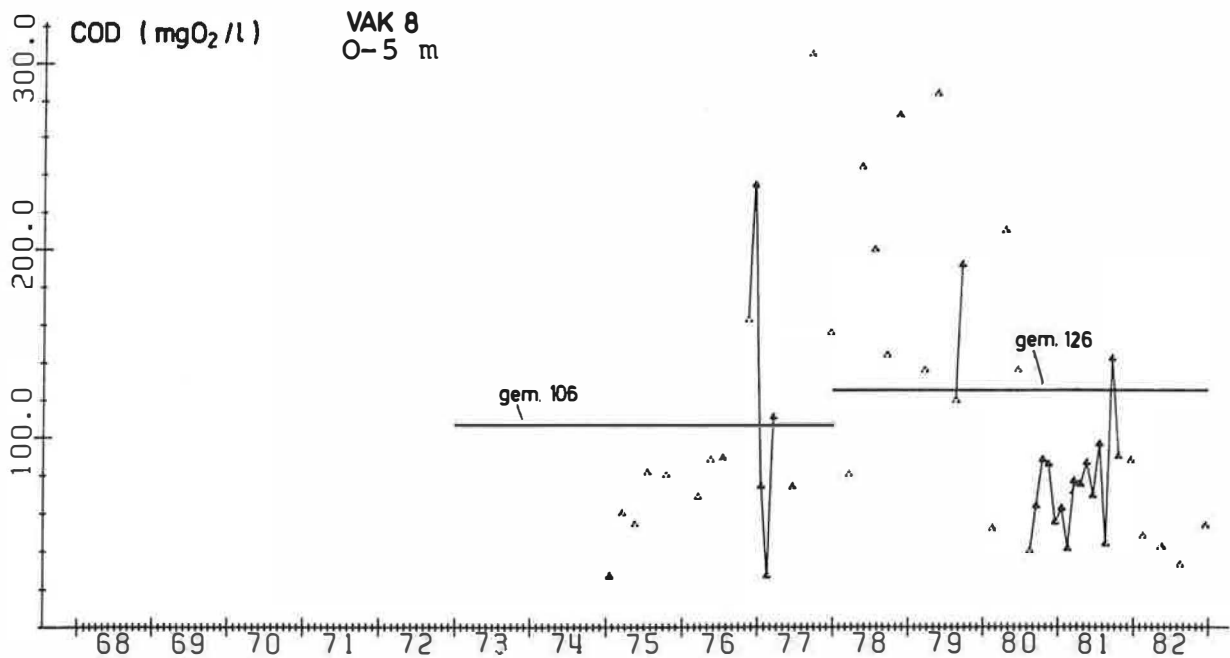
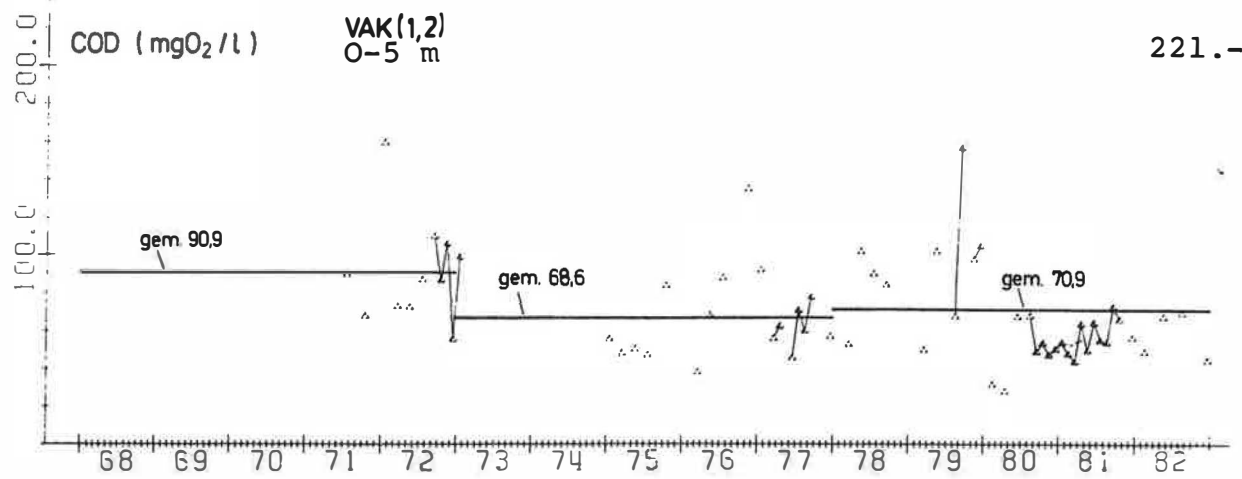
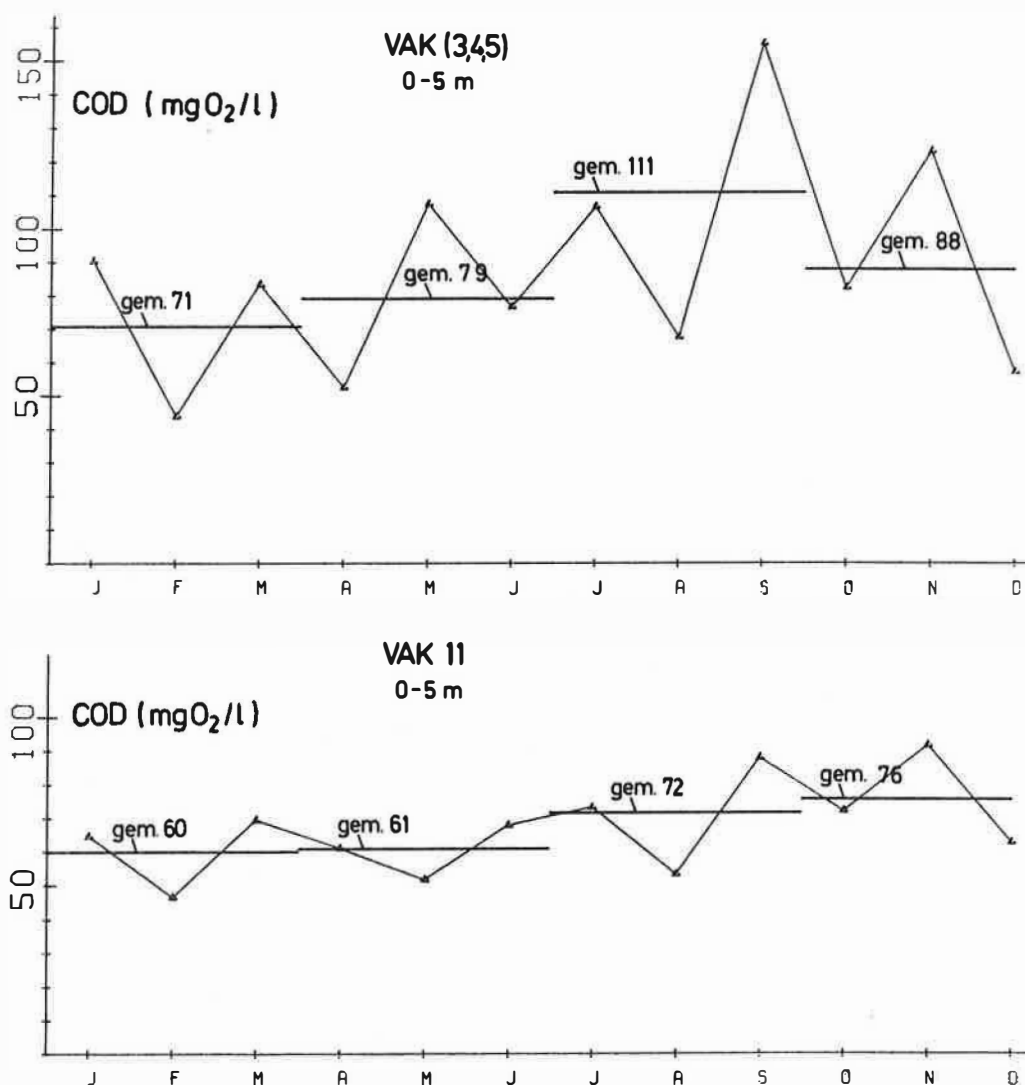


Fig. 88 : Verloop van de COD in de tijd in het kanaal.

is de gemiddelde COD voor het eerste, tweede, derde en vierde kwartaal respektievelijk 60, 61, 72 en 76 mg O<sub>2</sub>/l.

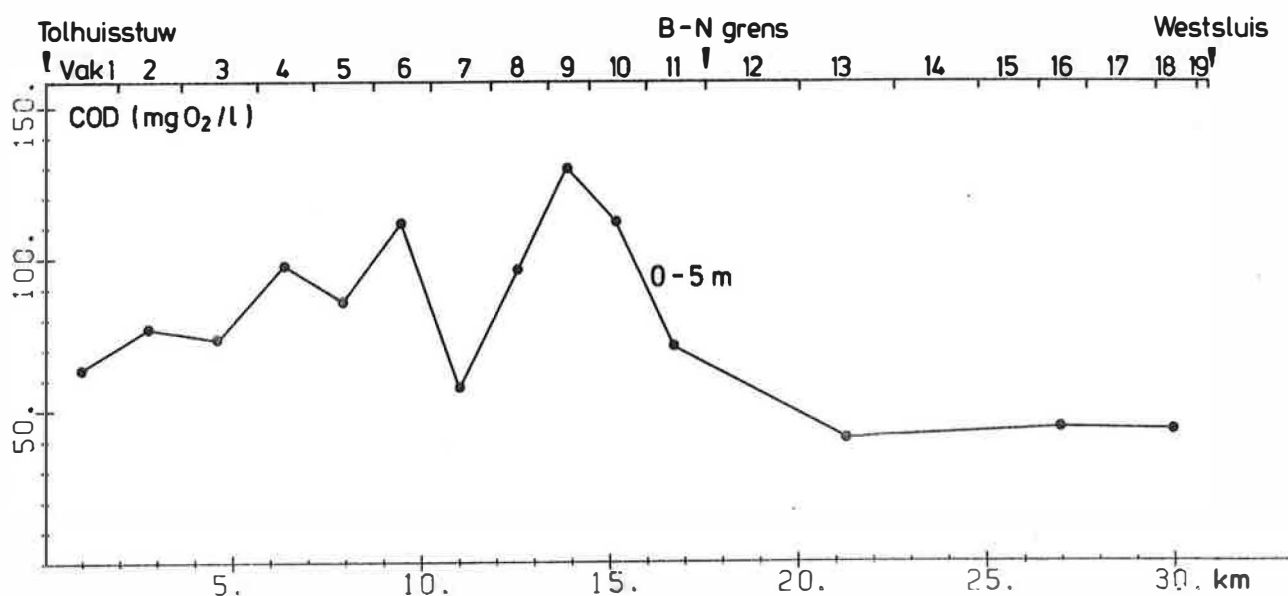


**Fig. 89** : Gemiddelde COD per maand in het kanaal (12/68-12/82).

### 10.3. Verloop in de afstand

Uit het lengteprofiel (fig. 90) blijkt dat de COD concentratie toeneemt vanaf de Tolhuisstuw tot aan de Moervaart (vak 6) van 63,6 tot 112 mg O<sub>2</sub>/l. In vak 7 is er een plotse daling terwijl er in vak 9 een piekkoncentratie van 130 mg O<sub>2</sub>/l bereikt wordt. In vak 9 werd er ook een duidelijke piek

vastgesteld in de BOD-koncentraties terwijl de zuurstofconcentratie zeer laag was. In de periode 12/68-12/82 moet er aldus een opmerkelijke verontreiniging geweest zijn tussen de Avrijevaart en Zelzatebrug. Voorbij vak 9 daalt de COD opnieuw en bereikt 70,9 mg O<sub>2</sub>/l aan de Belgisch-Nederlandse grens. Op Nederlands grondgebied is de COD ongeveer 43 mg O<sub>2</sub>/l.



**Fig. 90** : Verloop van de COD in de afstand in het kanaal (12/68-12/82).

Voor de periode 11/80-2/83 (studies BECEWA) werd het COD verloop in de afstand uitgezet voor de 3 diepte-intervallen (fig. 91). Zoals eerder vermeld werd in de bespreking van het verloop in de tijd is de COD concentratie merkkelijk lager vanaf 1980. In het diepte-interval 0-5 m is de COD concentratie in alle vakken van het Belgisch kanaalgedeelte gemiddeld 54,5 mg O<sub>2</sub>/l, met waarden die schommelen tussen 45 en 62 mg O<sub>2</sub>/l. Het COD gehalte heeft dus een vlakker verloop in de laatste periode dan in de vorige perioden. De piekconcentratie in vak 9 is ook niet meer waar te ne-

men. De COD concentraties zijn lager in het tweede en derde diepte-interval dan in het eerste doch het verloop is gelijkaardig aan dit in het eerste diepte interval.

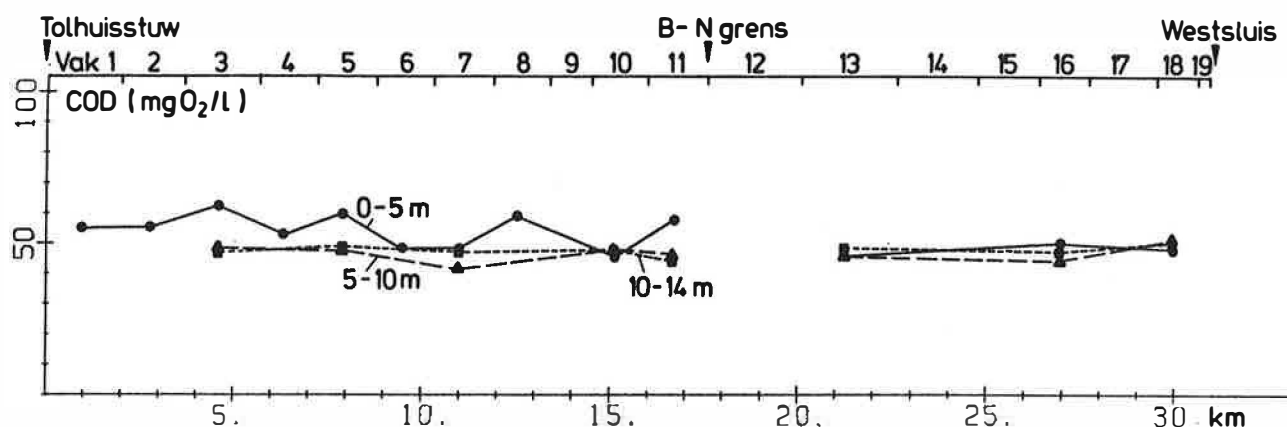


Fig. 91 : Verloop van de COD in de afstand in het kanaal (11/80-2/83).

In het tweede en derde diepte-interval zijn de concentraties in het Belgisch kanaalgedeelte over alle vakken gemiddeld 46,3 en 47,1 mg O<sub>2</sub>/l. Op Nederlands grondgebied is er weinig verschil in de concentraties in de verschillende diepte-interval-len. De COD schommelt tussen 44,3 en 50,7 met een gemiddelde van 48 mg O<sub>2</sub>/l.

#### 10.4. Korrelatie COD-debiet

Er werd geen korrelatie vastgesteld tussen de COD en het debiet ( $r^2 = 0,037$ ) in de periode 12/68-12/82 en het diepte-interval 0-5 m.

#### 10.5. Verloop in de diepte

De COD concentratie in de vakken (4,5) en (7,8,9,10,11) in de periode 11/80-2/83 werd berekend per diepte-interval. In het eerste, tweede en derde diepte-interval is de COD 61,5; 47,3 en 48,9 mg O<sub>2</sub>/l in vak (4,5) en 58,6; 45,1 en 46,5 mg O<sub>2</sub>/l in vak (7,8,9,10,11). De COD daalt tussen het eerste en

tweede diepte-interval terwijl de concentraties van het tweede en derde diepte-interval ongeveer gelijk zijn.

#### 10.6. Verloop in de tijd in de wateraanvoerende waterlopen

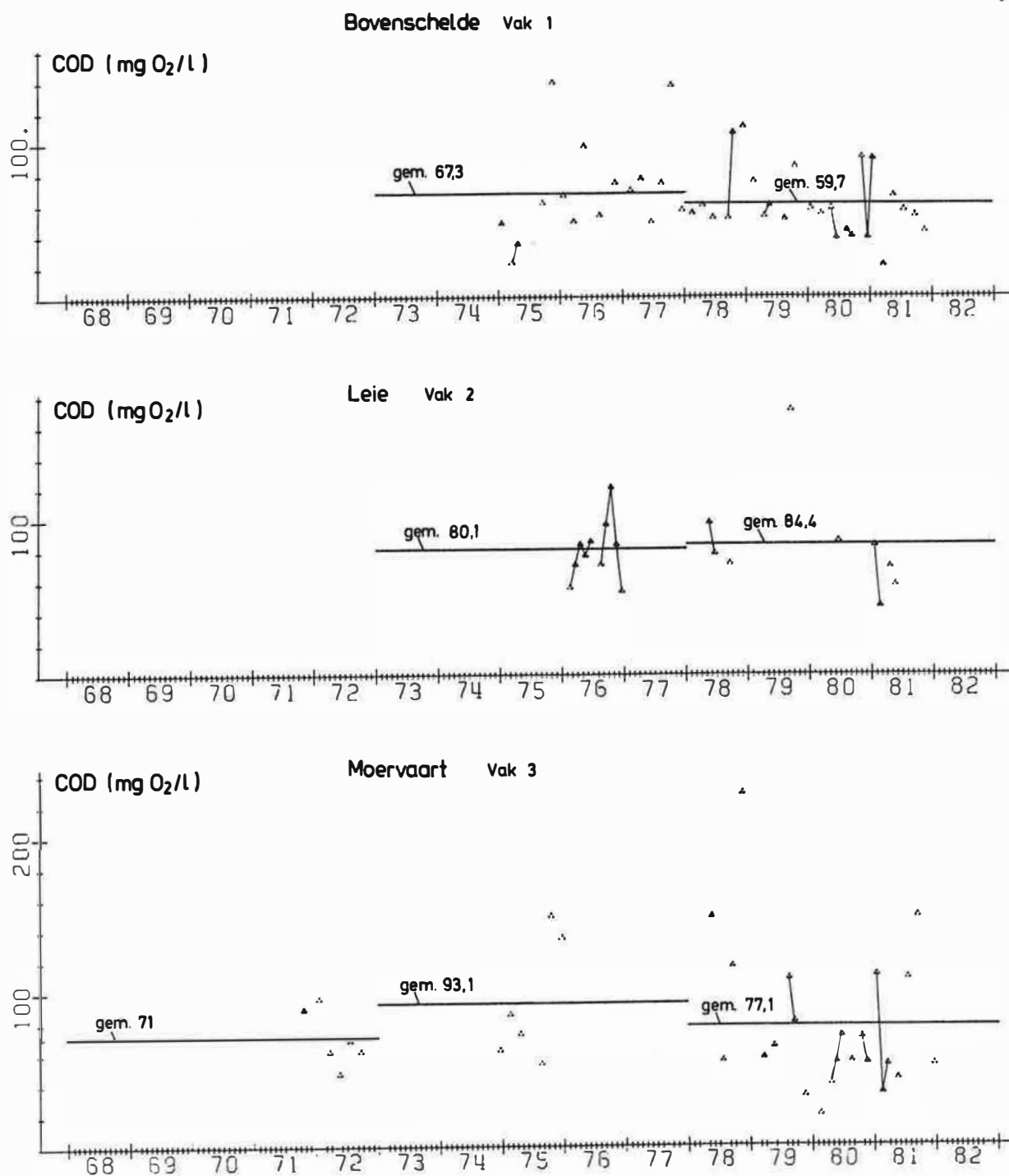
De COD van de dichtst bij het kanaal gelegen vakken van de wateraanvoerende waterlopen werd uitgezet in verloop van de tijd. De resultaten per periode van 5 jaar zijn opgegeven in tabel 43.

	1/68-12/72	1/73-12/77	1/78-12/82
Bovenschelde	-	67,3	59,7
Leie	-	80,1	84,4
Kanaal Gent-Oostende	108	118	54,9
Ringvaart	-	-	74,2
Lieve	-	-	100
Burggravenstroom	-	-	54,7
Avrijevaart	-	-	41,3
Langelede	-	82,9	50
Zuidlede	-	100	62,6
Moervaart	71	93,1	77,1

Tabel 43 : COD in de wateraanvoerende waterlopen t.o.v. de tijd.

Uit deze gegevens blijkt dat de Bovenschelde een betere kwaliteit heeft dan de Leie. Aan de Tolhuisstuw is de COD concentratie ongeveer gelijk aan het gemiddelde van de concentraties in de Bovenschelde en de Leie. De concentratie in de Moervaart is ongeveer gelijk aan het gemiddelde van de grootste voedingsaders van het kanaal nl. de Bovenschelde en de Leie.

Het verloop in de tijd in de Bovenschelde, de Leie en de Moervaart werd uitgezet in fig. 92.



**Fig. 92** : Verloop van de COD in de tijd in de Bovenschelde,  
de Leie en de Moervaart.



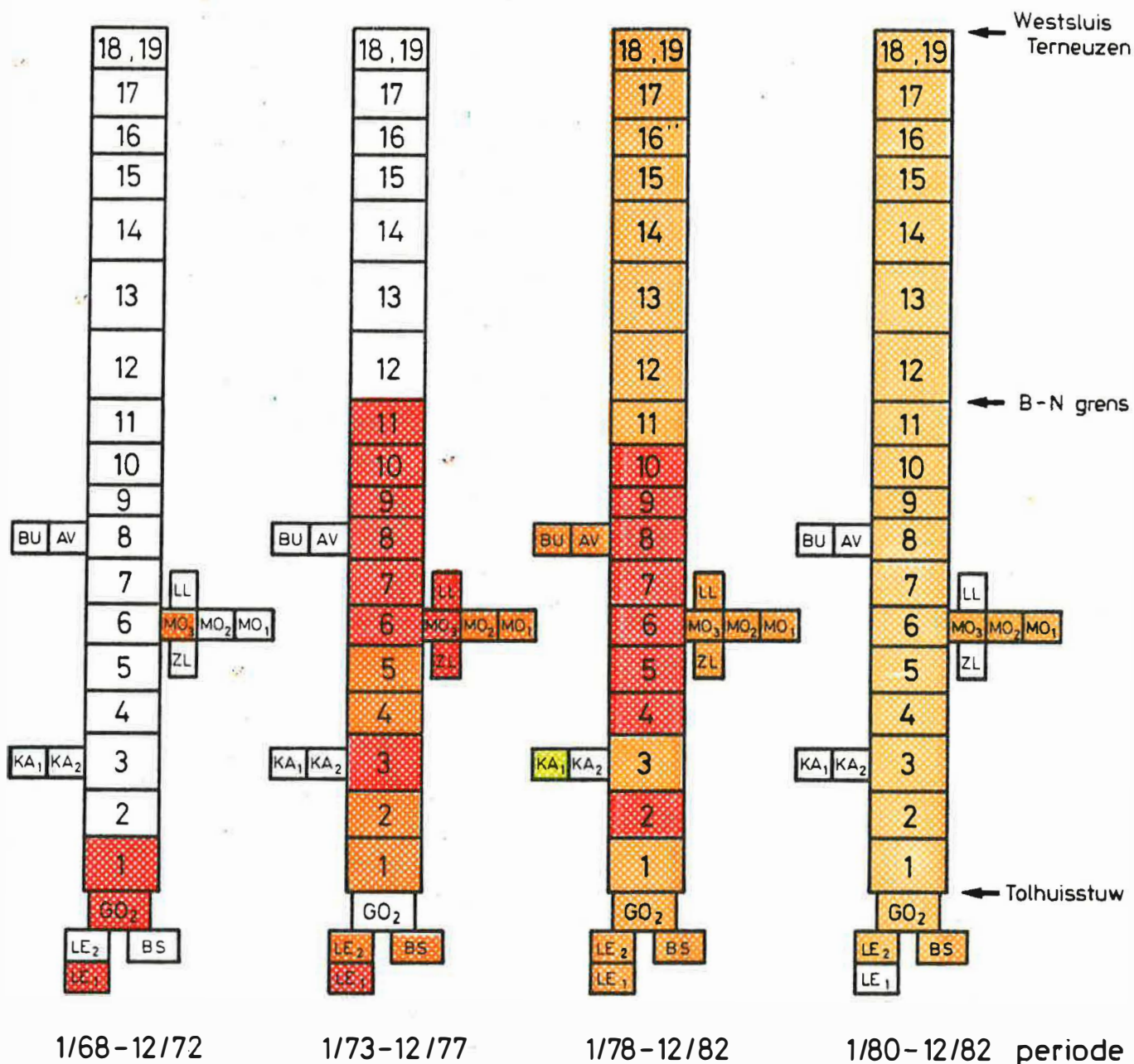
### 10.7. Kwaliteitsindex

Zoals voor de opgeloste zuurstof werd de afzonderlijke index voor COD opgegeven (fig. 93) voor het diepte-interval 0-5 m in het kanaal en voor het diepte-interval 0-2 m in de wateraanvoerende waterlopen. In de periode 1/81-12/82 bemerken we een kwaliteitsverbetering t.o.v. de vorige perioden. In het Belgisch kanaalgedeelte neemt de COD stroomafwaarts gemiddeld toe. In het Nederlands kanaalgedeelte is de COD merkkelijk lager. In de periode 1/73-12/77 en 1/78-12/82 behoort het merendeel der vakken in het Belgisch kanaalgedeelte tot klasse 5 ( $>80 \text{ mg O}_2/\text{l}$ ), terwijl er enkele tot klasse 4 behoren ( $40-80 \text{ mg O}_2/\text{l}$ ). In de periode 1/78-12/82 duidt de index van alle vakken in het Nederlands kanaalgedeelte klasse 4 aan. In de periode 1/81-12/82 hebben alle vakken van het kanaal klasse 4.

In het verloop van de tijd is er een verbetering van de kwaliteit van de Bovenschelde, de Leie, de Moervaart, de Langelede en de Zuidlede van klasse 5 naar klasse 4. De Bovenschelde en de Avrijevaart behoren tot klasse 4. Alhoewel er een kwaliteitsverbetering is in verloop van de tijd blijft het kanaal zowel als de wateraanvoerende waterlopen, gesteund op de index van COD, verontreinigd tot zwaar verontreinigd.

### 10.8. Besluit

De maandgemiddelden schommelen sterk in het verloop van de tijd maar de gemiddelden per periode van 5 jaar veranderen weinig. De gemiddelde COD van de vakken (1,2), 4, 8 en 11, in het diepte-interval 0-5 m, is in de periode 1/68-12/72, 1/73-12/77 en 1/78-12/82 respektievelijk 81, 80 en  $97 \text{ mg O}_2/\text{l}$ . In 1980 is er echter een forse daling. De COD is niet onderhevig aan een jaarcyclus. In de periode



GO Kanaal Gent-Oostende (vak 2 )  
 BS Bovenscheide  
 LE Leie (vak 1,2)  
 KA Kale (vak 1,2)  
 BU Burggravenstroom  
 AV Avrijevaart  
 LL Langelede  
 ZL Zuidlede  
 MO Moervaart (vak 1,2,3)

Fig. 93 : Kwaliteitsindex op basis van het chemisch zuurstofverbruik (0-5 m).

12/68-12/82 neemt de COD stroomafwaarts gemiddeld toe van 64 mg O<sub>2</sub>/l aan de Tolhuisstuw tot 130 mg O<sub>2</sub>/l in vak 9. Aan de Belgisch-Nederlandse grens is de concentratie 71 mg O<sub>2</sub>/l. In het Nederlands kanaalgedeelte is de COD slechts 43 mg O<sub>2</sub>/l.

In de periode 11/80-2/83 is de COD lager en het verloop in de afstand is vlakker. Vanaf vak 4 tot vak 11 is de gemiddelde COD in het eerste, tweede en derde diepte-interval respectievelijk 60, 46 en 48 mg O<sub>2</sub>/l.

De gemiddelde COD van de Bovenschelde en de Leie is ongeveer gelijk aan deze van het kanaalwater aan de Tolhuisstuw. Bij de andere wateraanvoerende waterlopen is de COD belasting gelijkaardig.

## 11. Ammoniakale stikstof

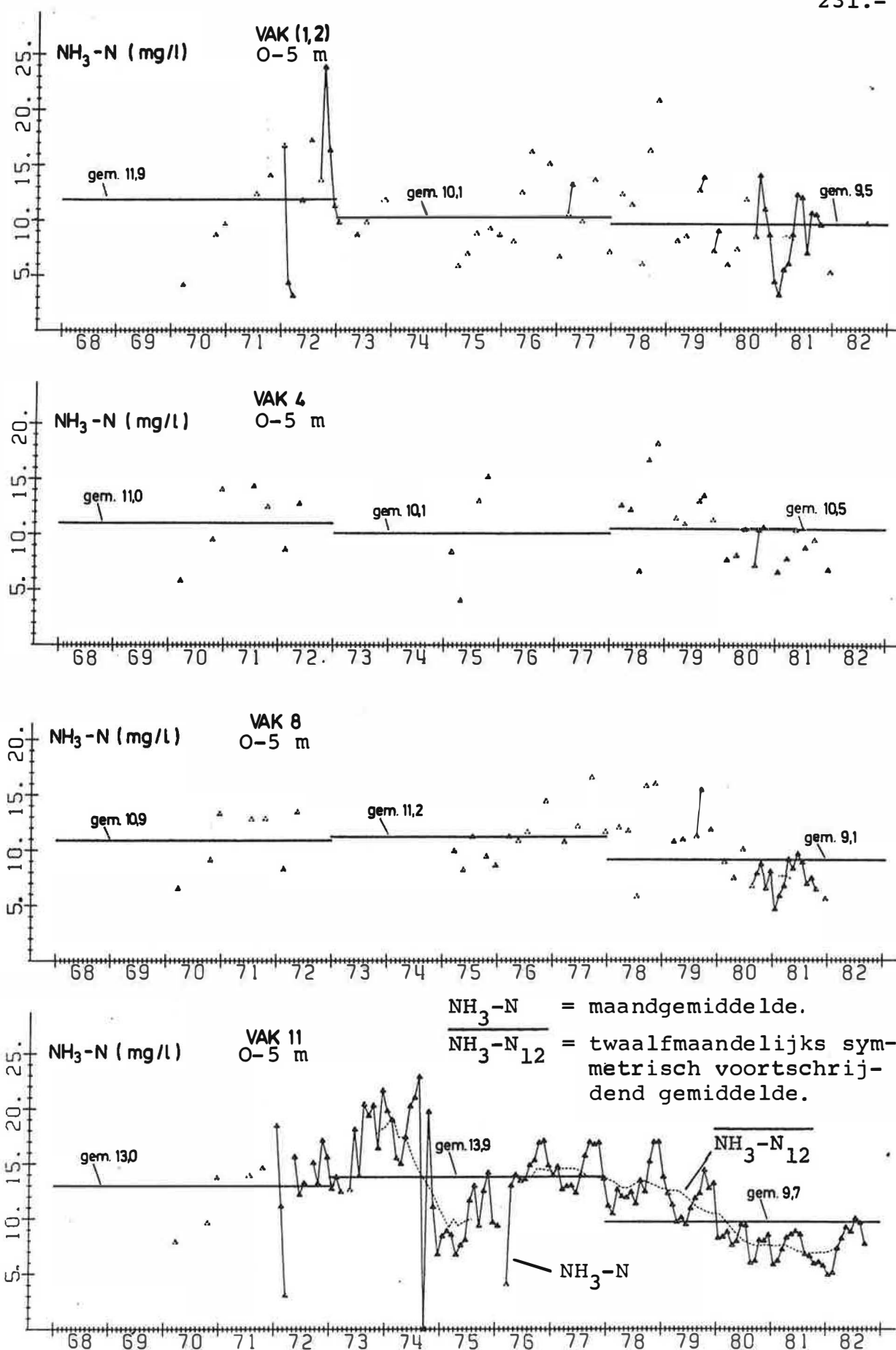
### 11.1. Verloop in de tijd

Er is een lichte daling van het ammoniakgehalte in het diepte-interval 0-5 m per periode van 5 jaar. De ammoniakgehalten in de vakken (1,2), 4, 8 en 11 werden opgegeven in tabel 44. De maandgemiddelden zijn grafisch voorgesteld in fig. 94.

Vak	1/68-12/72	1/73-12/77	1/78-12/82
(1,2)	11,9	10,1	9,5
4	11,0	10,1	10,5
8	10,9	11,2	9,1
11	13,0	13,9	9,7
gemiddelde	11,7	11,3	9,7

Tabel 44 :  $\text{NH}_3\text{-N}$  in het kanaal per vak t.o.v. de tijd (0-5 m).

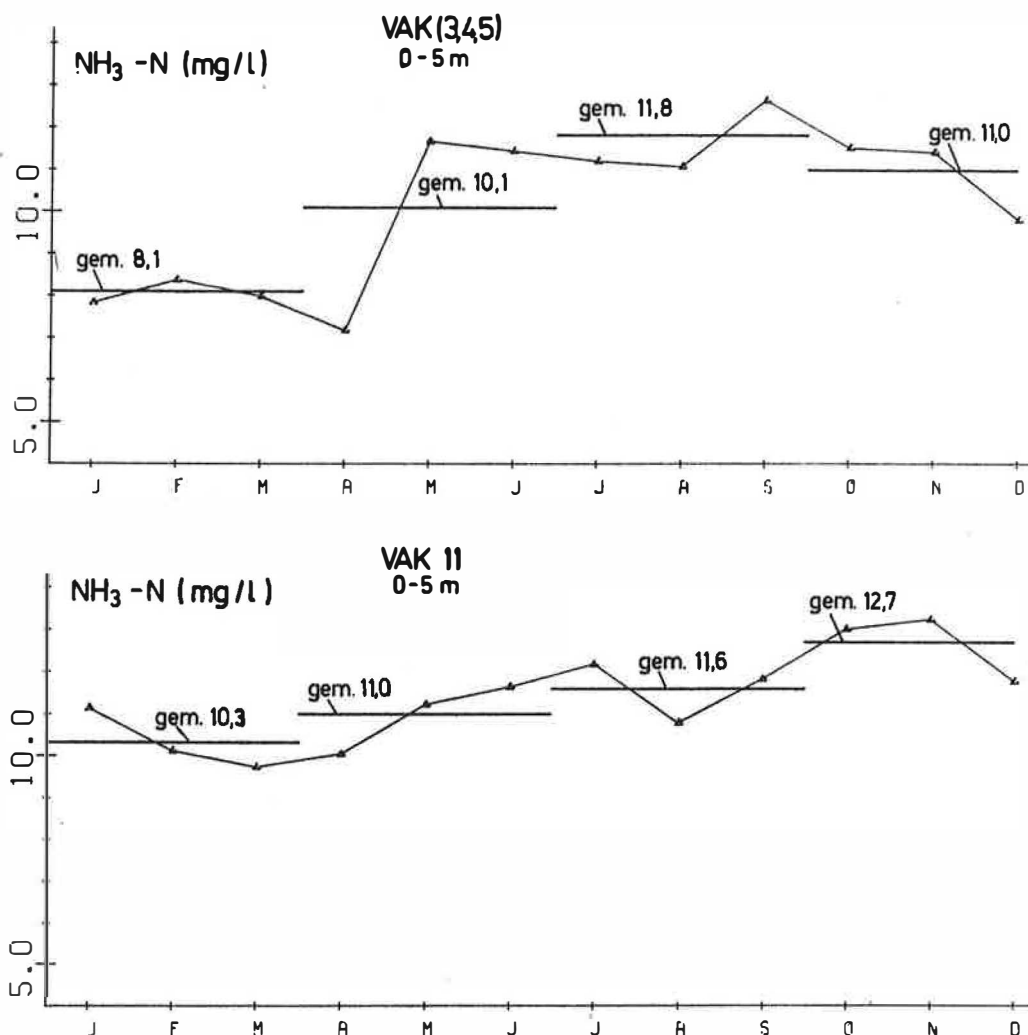
Uit het twaalfmaandelijks voortschrijdend gemiddelde in vak 11 blijkt dat de ammoniakgehalten dalen in het natte najaar van 1974 en fors stijgen in de droge zomer van 1976. Het ammoniakgehalte daalt vanaf 1977 en bereikt een concentratie van ongeveer 7 mg/l in 1981. Uit het verloop in de tijd is er een duidelijke jaarcyclus waar te nemen met maxima in het najaar.



**Fig. 94** : Verloop van de ammoniakale stikstof in de tijd in het kanaal.

### 11.2. Gemiddelde per maand

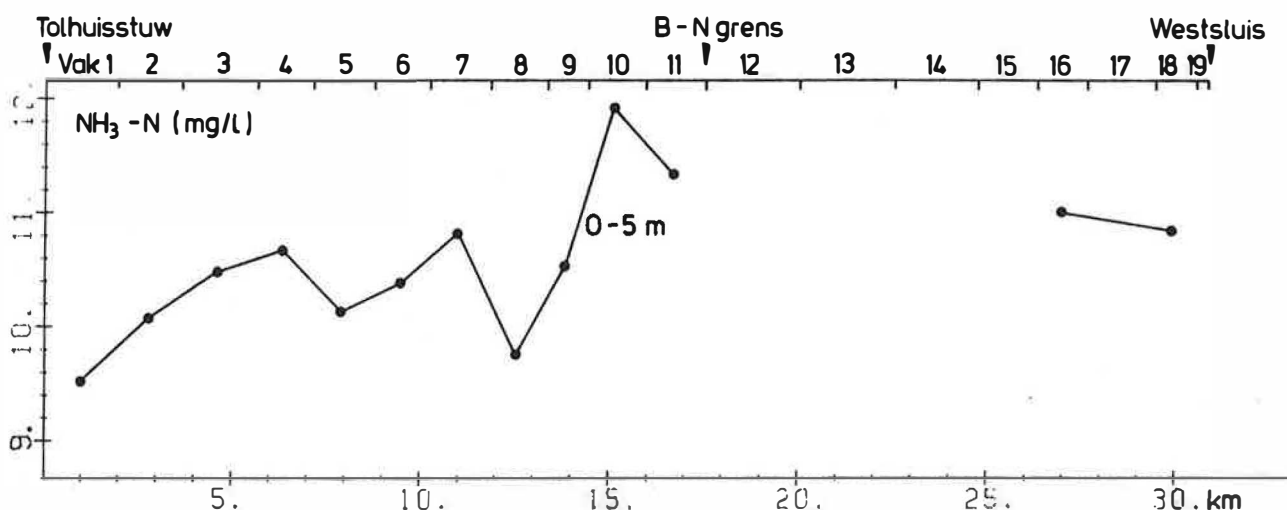
Het gemiddelde per maand in het diepte-interval 0-5 m in de periode 12/68-12/82 werd uitgezet in fig. 95. Er is een duidelijke jaarcyclus waar te nemen met de hoogste concentraties in het derde en vierde kwartaal. Het ammoniakgehalte stijgt duidelijk vanaf mei. Het ammoniakgehalte in vak (3,4,5) in het eerste, tweede, derde en vierde kwartaal is respectievelijk 8,1; 10,1; 11,8 en 11,0 mg/l en in vak 11 is dit 10,3; 11,0; 11,6 en 12,7 mg/l. In vak (3,4,5) wordt het maximum bereikt in het derde kwartaal en in vak 11 in het vierde kwartaal.



**Fig. 95** : Gemiddelde ammoniakale stikstof per maand in het kanaal (12/68-12/82).

### 11.3. Verloop in de afstand

Het lengteprofiel in het diepte-interval 0-5 m in de periode 12/68-12/82 werd voorgesteld in fig. 96. Er is een toename van het ammoniakgehalte vanaf de Tolhuisstuw tot aan vak 4 van 9,5 tot 10,7 mg/l. Na enkele dalingen en stijgingen wordt de hoogste concentratie bereikt in vak 10 (Zelzatebrug) nl. 11,9 mg/l. Aan de Belgisch-Nederlandse grens (vak 11) is de concentratie 11,3 mg/l. In het Nederlands kanaalgedeelte is de gemiddelde concentratie 10,9 mg/l.



**Fig. 96** : Verloop van de ammoniakale stikstof in de afstand in het kanaal (12/68-12/82).

### 11.4. Korrelatie NH<sub>3</sub>-N-debiet

De korrelatie werd berekend uit de waarnemingen van de periode 12/68-12/82 in het diepte-interval 0-5 m. De best passende vergelijking is  $y = 19,206 - 0,443X r^2 = 0,36$  (fig. 97). De korrelatie is dus zeer zwak. Zoals voor de BOD kunnen de punten onder- en bovenaan de regressierechte begrensd worden door een lijn parallel aan de regressierechte. Het grote spreidingsgebied tussen de bovenste en de onderste lijn kan te wijten zijn aan de afwijking van het debiet in vak 11 t.o.v.

$D_{Tolhuis}$ . De punten onder de rechte vallen samen

met een nattere periode en deze boven de rechte met een drogere periode. De verminderde ammoniak-koncentratie met toenemend  $D_{\text{Tolhuis}}$  is enerzijds te wijten aan een grotere doorspoeling en anderzijds aan een kwaliteitsverbetering in de wateraanvoerende waterlopen. De grotere doorspoeling speelt hier in ieder geval een belangrijke rol omdat er in het kanaalwater een toename is in het ammoniakgehalte.

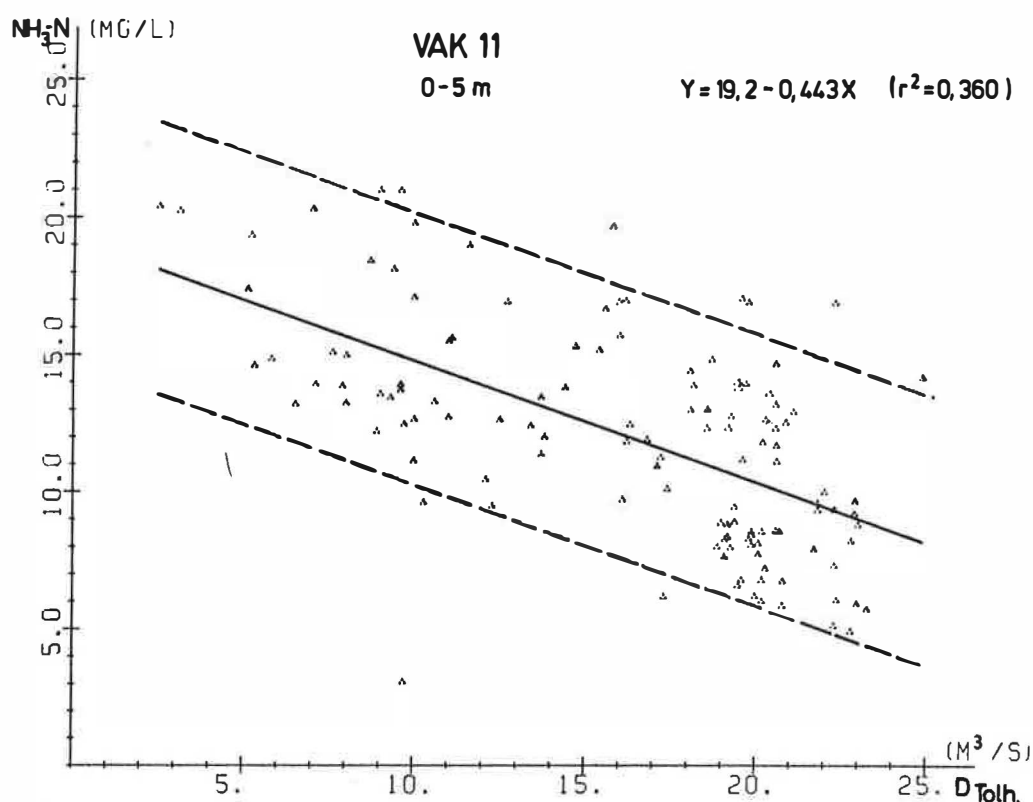


Fig. 97 : Korrelatie  $\text{NH}_3\text{-N}-D_{\text{Tolhuis}}$  (12/68-12/82).

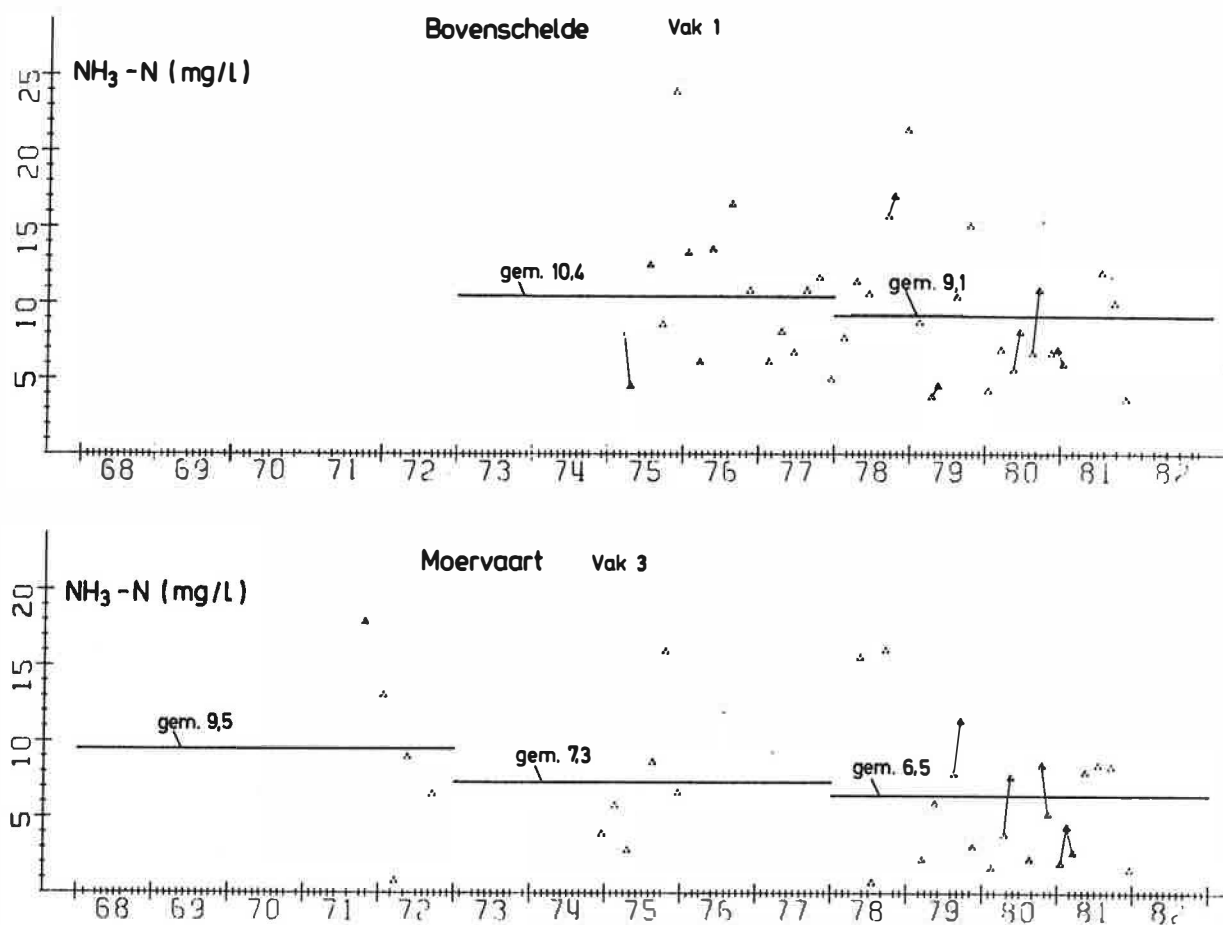
#### 11.5. Verloop in de diepte

Het ammoniakgehalte werd berekend voor de periode 11/80-2/83 voor de vakken (4,5) en (7,8,9,10,11). Voor het eerste en tweede diepte interval in het vak (4,5) is het ammoniakgehalte 7,9 en 9,1 mg/l en voor het vak (7,8,9,10,11) 7,2 en 8,6 mg/l. Er is dus een stijging van de ammoniakconcentratie met toenemende diepte.



### 11.6. Verloop in de tijd in de wateraanvoerende waterlopen

In fig. 98 werden de ammoniakgehalten uitgezet van de dichtst bij het kanaal gelegen vakken van de Bovenschelde en van de Moervaart. De gemiddelden per waterloop per periode van 5 jaar werden opgegeven in tabel 45.



**Fig. 98 :** Verloop van de ammoniakale stikstof in de tijd in de Bovenschelde en de Moervaart.

In de Bovenschelde is het ammoniakgehalte ongeveer gelijk aan dit in het kanaal ter hoogte van de Tolhuisstuw. De concentratie in de Leie is veel kleiner. Er dient opgemerkt te worden dat de gemiddelde concentraties in de periode 1/78-12/82 slechts gesteund zijn op zeer weinig gegevens. De concentraties van de andere waterlopen

zijn kleiner dan deze in het kanaal zodat deze, alhoewel hun debiet relatief onbelangrijk is, een eerder positief effect hebben op de ammoniakconcentraties in het kanaal.

	1/68-12/72	1/73-12/77	1/78-12/82
Bovenschelde	-	10,4	9,1
Leie	-	13,0	2,9
Kanaal Gent-Oostende	17,0	11,4	7,9
Ringvaart	13,3	-	-
Lieve	-	-	6,0
Burggravenstroom	-	-	5,4
Avrijevaart	-	-	5,1
Langelede	-	5,7	1,8
Zuidlede	-	3,8	2,7
Moervaart	9,5	7,3	6,5

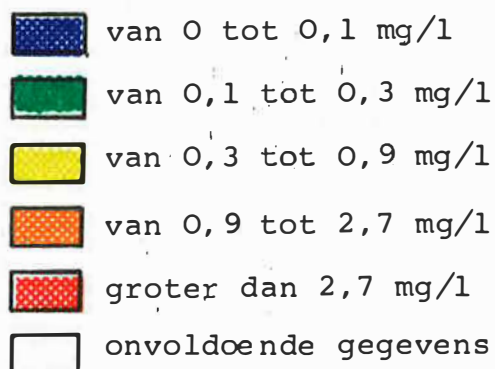
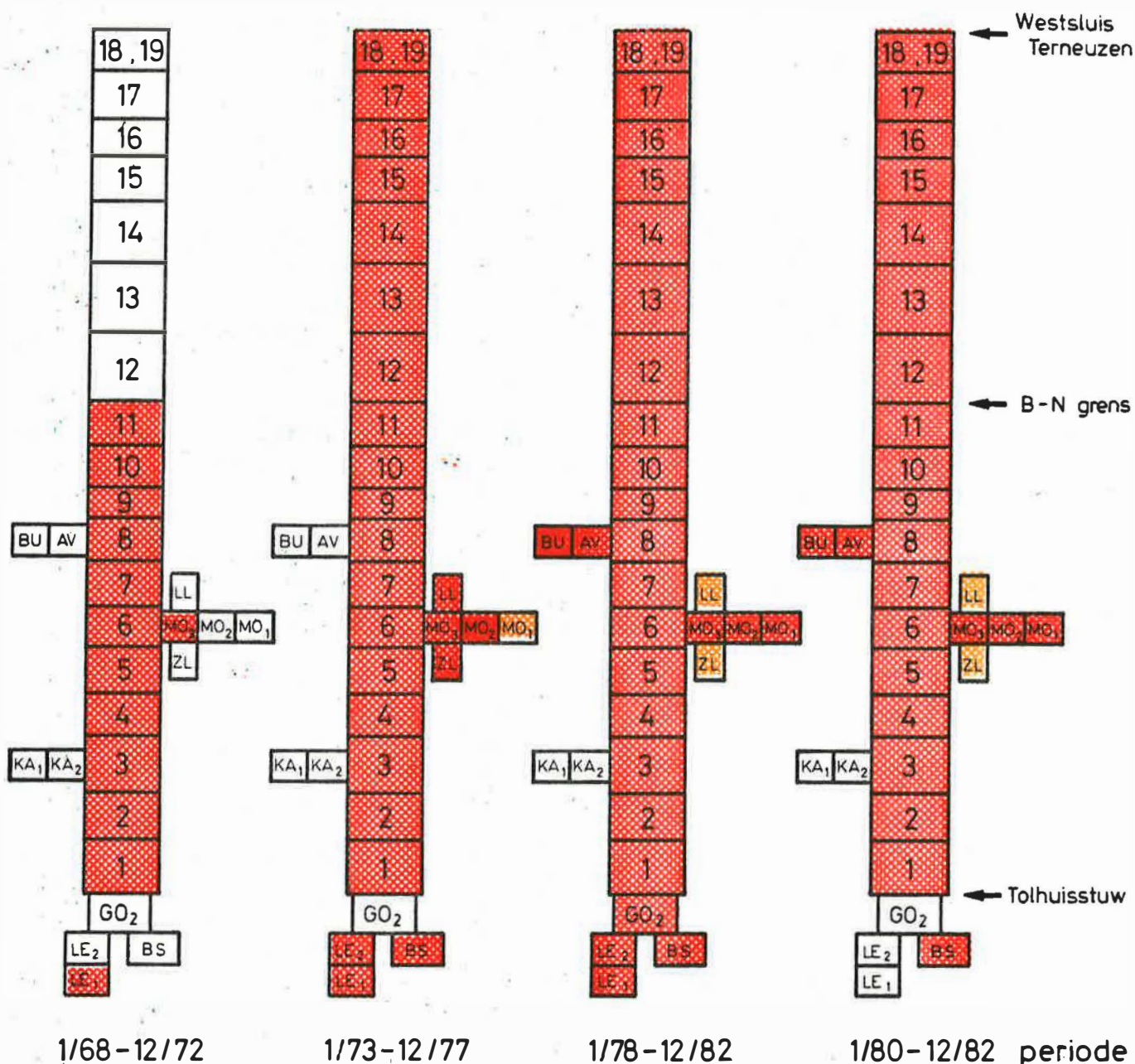
Tabel 45 :  $\text{NH}_3\text{-N}$  in de wateraanvoerende waterlopen t.o.v. de tijd.

#### 11.7. Kwaliteitsindex

De index voor ammoniak werd opgegeven voor het diepte-interval 0-5 m in het kanaal en voor het diepte-interval 0-2 m in de wateraanvoerende waterlopen (fig. 99). Met uitzondering van vak 1 van de Moervaart in de periode 1/73-12/77 en van de Langelede en de Zuidlede in de periode 1/78-12/82 en 1/80-12/82 behoren alle vakken van het kanaal en de wateraanvoerende waterlopen tot klasse 5 ( $>2,7$  mg  $\text{NH}_3\text{-N/l}$ ). De genoemde uitzonderingsvakken behoren tot klasse 4 (0,9-2,7 mg  $\text{NH}_3\text{-N/l}$ ).

#### 11.8. Besluit

Er is een lichte daling van de ammoniakale stikstof in het verloop van de tijd. De gemiddelde ammoniakconcentratie in de vakken (1,2), 4, 8 en



GO Kanaal Gent-Oostende (vak 2)

BS Bovenschelde

LE Leie (vak 1,2)

KA Kale (vak 1,2)

BU Burggravenstroom

AV Avrijevaart

LL Langelede

ZL Zuidlede

MO Moervaart (vak 1,2,3)

Fig. 99 : Kwaliteitsindex op basis van de ammoniakale stikstof (0-5 m).

11, in het diepte-interval 0-5 m, is respectievelijk 11,7; 11,3 en 9,7 mg/l in de perioden 1/68-12/72, 1/73-12/77 en 1/78-12/82. Er is een duidelijke jaarcyclus met laagste concentraties in het eerste kwartaal en hoogste concentraties in het derde of vierde kwartaal. In het verloop van de afstand is er een toename vanaf de Tolhuisstuw tot aan de Belgisch-Nederlandse grens van 9,5 tot 11,3 mg/l. Er komen echter lagere concentraties en piekkoncentraties voor.

In de periode 11/80-2/83 is de ammoniakconcentratie in het tweede diepte-interval groter dan in het eerste. Vanaf vak 4 tot 11 is de gemiddelde concentratie in het eerste en tweede diepte interval gemiddeld 7,6 en 8,9 mg/l.

Het ammoniakgehalte daalt met toenemend debiet deels door de grotere doorspoeling en deels door een verbetering van de kwaliteit van de wateraanvoerende waterlopen. In de wateraanvoerende waterlopen is het ammoniakgehalte kleiner dan in het kanaal.

## 12. Nitraatstikstof

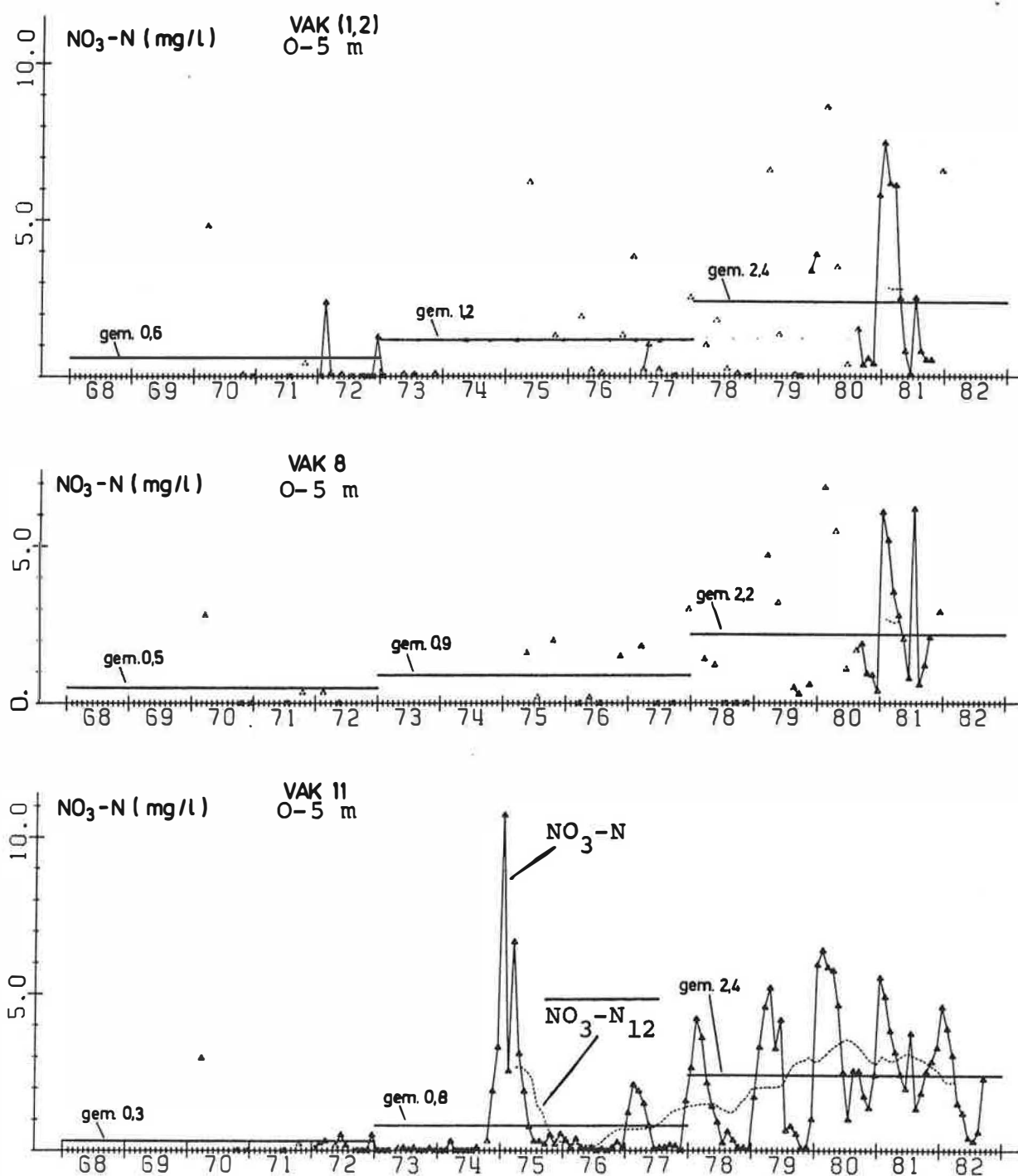
### 12.1. Verloop in de tijd

Er is een stijging van de nitraatstikstof in het diepte-interval 0-5 m per periode van 5 jaar (tabel 46). De maandgemiddelden in de vakken (1,2), 8 en 11 zijn uitgezet in fig. 100.

Vak	1/68-12/72	1/73-12/77	1/78-12/82
(1,2)	0,6	1,2	2,4
4	0,6	-	2,0
8	0,5	0,9	2,2
11	0,3	0,8	2,4
gemiddelde	0,5	1,0	2,3

Tabel 46 :  $\text{NO}_3\text{-N}$  in het kanaal per vak t.o.v. de tijd (0-5 m).

Uit de verschillende twaalfmaandelijks voortschrijdende gemiddelden van vak 11 kunnen we een duidelijk verband vaststellen tussen  $\text{NO}_3\text{-N}$ ,  $\text{NH}_3\text{-N}$  en opgeloste zuurstof. Eind 1974 en begin 1975 stijgt de  $\text{NO}_3\text{-N}$  terwijl de  $\text{NH}_3\text{-N}$  daalt. Van midden 1975 tot eind 1976 daalt de  $\text{NO}_3\text{-N}$  en stijgt de  $\text{NH}_3\text{-N}$ . Van 1977 tot 1980 stijgt de  $\text{NO}_3\text{-N}$  van 0,7 tot 3,4 mg/l en in dezelfde periode daalt de  $\text{NH}_3\text{-N}$  van 15 tot 7,5 mg/l. Het zuurstofverloop is praktisch indentiek met het verloop van  $\text{NO}_3\text{-N}$ . Eind 1974 stijgt de zuurstofconcentratie van ongeveer 1,5 mg/l tot ongeveer 2,8 mg/l in 1975 en in deze periode neemt de  $\text{NO}_3\text{-N}$  toe van 0 tot ongeveer 3 mg/l. Er is een daling in de zuurstofconcentratie in 1976 tot ongeveer 1,3 mg/l. Hiermee gepaard gaande daalt de  $\text{NO}_3\text{-N}$  praktisch tot nul. Van 1977 tot 1979 stijgt de zuurstofconcentratie geleidelijk en van 1981 is er een lichte daling. Deze variaties worden op de voet gevolgd door de  $\text{NO}_3\text{-N}$  concentraties.



**Fig. 100** : Verloop van de nitraatstikstof in de tijd in het kanaal.

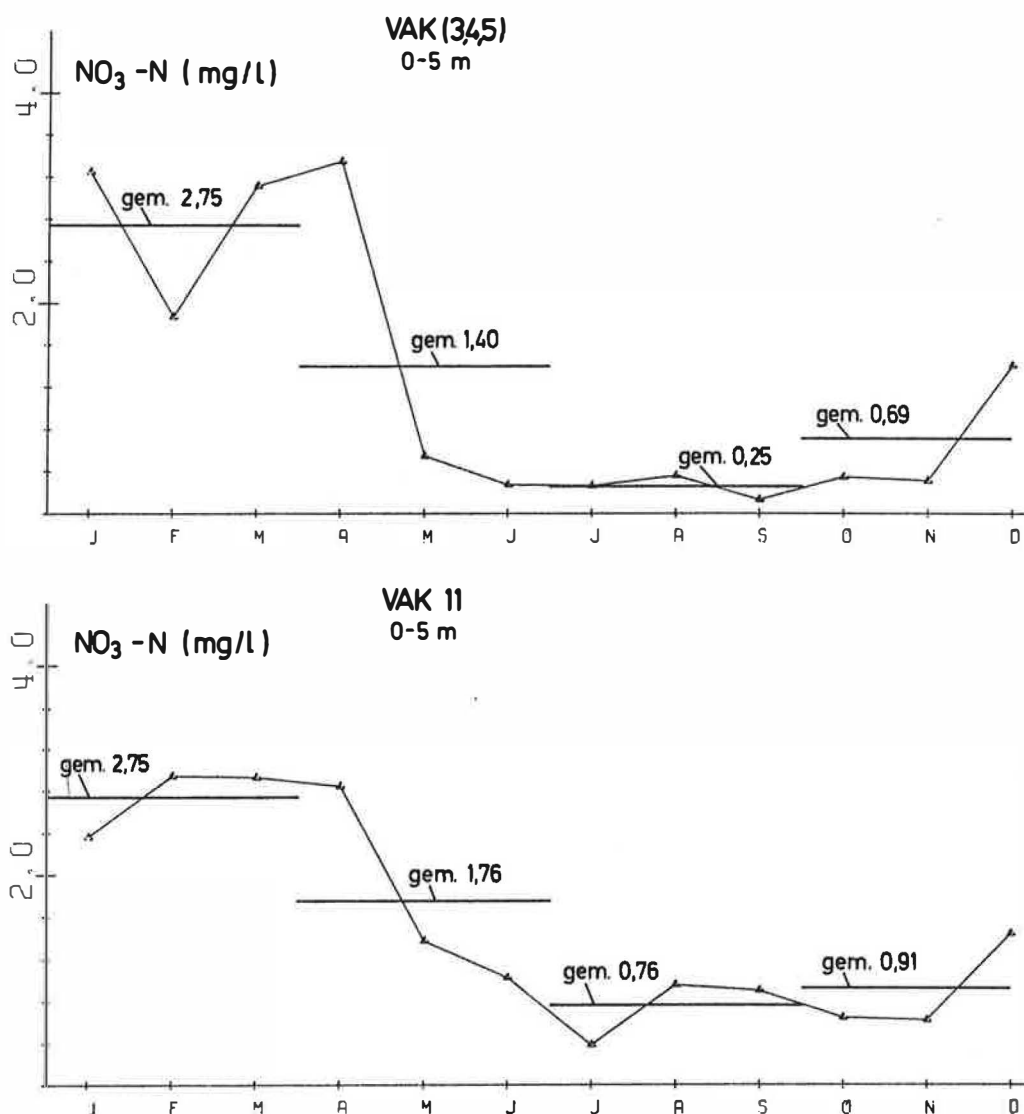
$\text{NO}_3\text{-N}$  = maandgemiddelde.

$\text{NO}_3\text{-N}_{12}$  = twaalfmaandelijks symmetrisch voortschrijdend gemiddelde.

Uit de resultaten kunnen we afleiden dat er vanaf 1 mg  $\text{O}_2$ /l nitraatstikstof aanwezig is. Alhoe-

wel er voor de andere vakken minder gegevens beschikbaar zijn stellen we toch hetzelfde verloop vast.

## 12.2. Gemiddelde per maand



**Fig. 101** : Gemiddelde nitraatstikstof per maand in het kanaal (12/68-12/82).

Zoals de bij ammoniakale stikstof is er bij de nitraatstikstof een duidelijke jaarcyclus (fig. 101). In de maand mei is er een sterke daling van de NO<sub>3</sub>-N en een duidelijke stijging van NH<sub>3</sub>-N. In het eerste, tweede, derde en vierde kwartaal is er in vak (3,4,5) 2,75; 1,40; 0,25 en 0,69 mg NO<sub>3</sub>-N/l

en in vak 11 2,75; 1,76; 0,76 en 0,91 mg  $\text{NO}_3\text{-N}/\text{l}$ . Voor vak (3,4,5) wordt de laagste nitraatkonzentratie bereikt in het derde kwartaal, terwijl tevens de hoogste ammoniakconcentratie bereikt wordt in dit kwartaal. In vak 11 wordt de hoogste ammoniakconcentratie bereikt in het vierde kwartaal terwijl de laagste nitraatkonzentratie bereikt wordt in het derde kwartaal, doch in het vierde kwartaal is de nitraatkonzentratie slechts zeer weinig hoger.

	$\text{NO}_3\text{-N}$ mg/l	$\text{NH}_3\text{-N}$ mg/l	Opg. $\text{O}_2$ mg/l
Vak (3,4,5) :			
eerste kwartaal	2,75	8,1	1,50
tweede kwartaal	1,40	10,1	1,33
derde kwartaal	0,25	11,8	0,85
vierde kwartaal	0,69	11,0	0,62
Vak 11 :			
eerste kwartaal	2,75	10,3	2,45
tweede kwartaal	1,76	11,0	2,35
derde kwartaal	0,76	11,6	1,93
vierde kwartaal	0,91	12,7	1,63

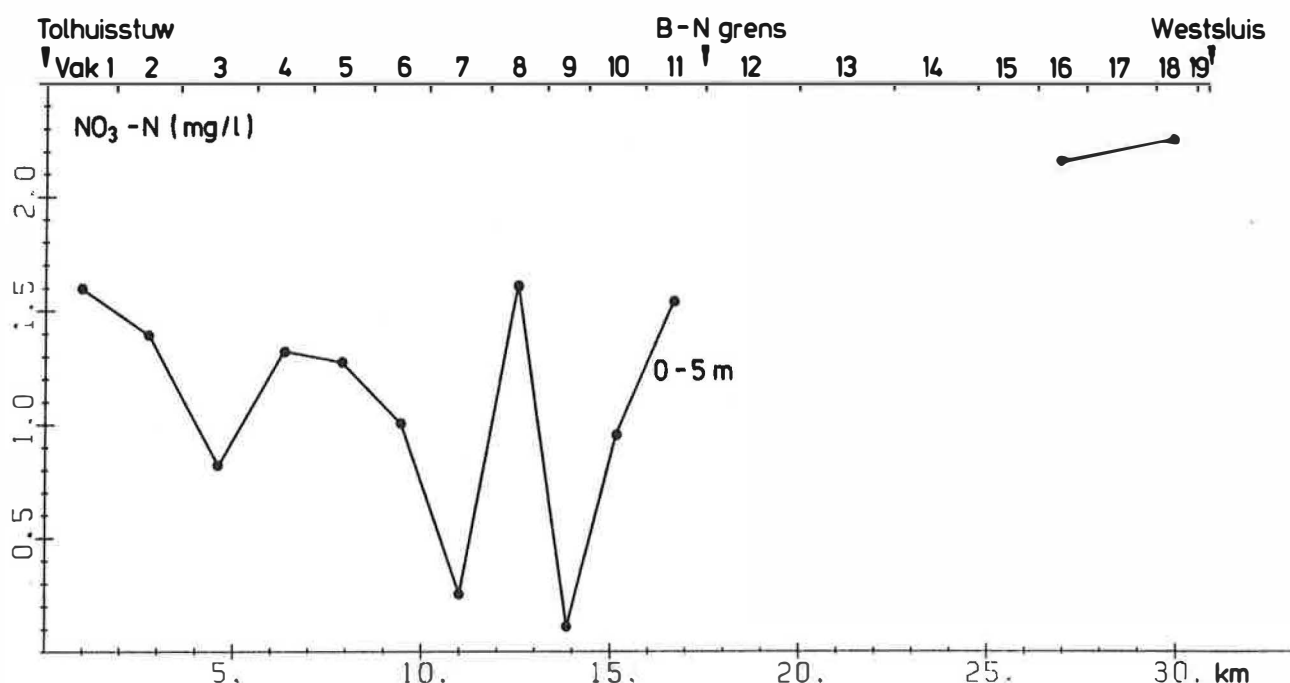
Tabel 47 :  $\text{NO}_3\text{-N}$ ,  $\text{NH}_3\text{-N}$  en opgeloste zuurstof in het kanaal per vak en per kwartaal (0-5 m).

Er is tevens een verband tussen de nitraatkonzentratie en de opgeloste zuurstof. In tabel 47 zijn de gemiddelden per kwartaal van  $\text{NO}_3\text{-N}$ ,  $\text{NH}_3\text{-N}$  en opgeloste zuurstof opgegeven. In vak 11 daalt de opgeloste zuurstof van het eerste naar het vierde kwartaal van 2,45 naar 1,63 mg/l en de nitraatstikstof daalt van 2,75 naar 0,91 mg/l terwijl de  $\text{NH}_3\text{-N}$  stijgt van 10,3 naar 12,7 mg/l. In vak (3,4,5)



is dezelfde tendens waar te nemen doch de opgeloste zuurstof is lager en de nitraatkonzentratie daalt ook lager. Hieruit kunnen we terug besluiten dat de concentratie  $\text{NO}_3\text{-N}$  sterk vermindert als de opgeloste zuurstof beneden 1 mg/l daalt. Een mogelijke bron van de hogere nitraatkonzentraties in het eerste kwartaal is de grotere afvoer van draineerwater van de landerijen in deze periode.

### 12.3. Verloop in de afstand



**Fig. 102** : Verloop van de nitraatstikstof in de afstand in het kanaal (12/68-12/82).

In grote lijnen kan aangetoond worden dat het verloop in de afstand in de periode 12/68-12/82 gelijk is aan dit van het zuurstofgehalte en het spiegelbeeld is van het verloop van de  $\text{NH}_3\text{-N}$  (fig. 102). De  $\text{NO}_3\text{-N}$  daalt vanaf de Tolhuisstuw (1,60 mg/l) tot aan de Ringvaart (vak 3) (0,82 mg/l). Er komen nog lage concentraties voor in vak 7 en in vak 9. In deze vakken komen eveneens lagere zuurstofconcentraties en hogere ammoniakconcentraties voor. Aan de Belgisch-Nederlandse grens (vak 11)

is er 1,5 mg  $\text{NO}_3\text{-N/l}$ . In het Nederlands kanaal-gedeelte is er ongeveer 2,2 mg  $\text{NO}_3\text{-N/l}$ .

#### 12.4. Korrelatie $\text{NO}_3\text{-N}$ -debiet

In de periode 12/68-12/82 en het diepte-interval 0-5 m bestaat er een slechte korrelatie tussen het debiet en de  $\text{NO}_3\text{-N}$ . Voor de vergelijking  $y = -0,820 + 0,134X$  is  $r^2 = 0,197$  (fig. 103).

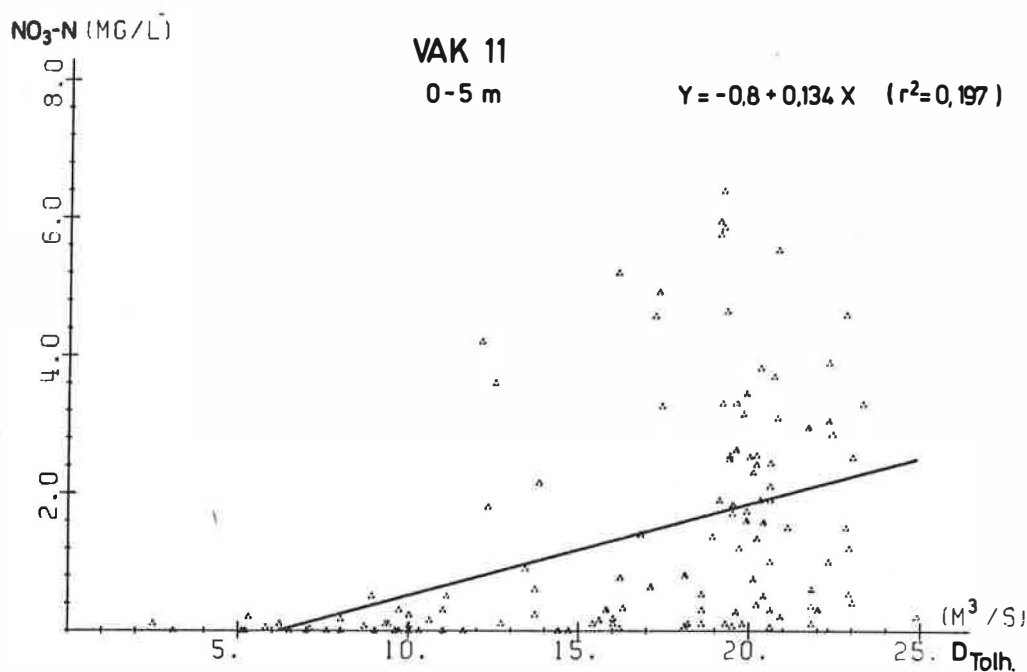


Fig. 103 : Korrelatie  $\text{NO}_3\text{-N}$ - $D_{\text{Tolhuis}}$  (12/68-12/82).

De nitraatstikstof neemt toe met toenemend debiet. We dienen hier opnieuw te vermelden dat het debiet in vak 11 afwijkt van  $D_{\text{Tolhuis}}$ . De punten aan weerszijden van de regressierechte kunnen niet begrensd worden door lijnen die parallel zijn aan de rechte. Vooral bij een  $D_{\text{Tolhuis}}$  dat groter is dan 18 m<sup>3</sup>/s liggen de nitraatconcentraties sterk verspreid. Daar er over het algemeen geen belangrijke nitraataanrijking is in het kanaal moet de toenemende nitraatconcentratie bij toenemend debiet het gevolg zijn van de aanvoer van nitraatrijker water van de wateraanvoerende waterlopen

in nattere perioden. In natte periode is er immers een uitspoeling van  $\text{NO}_3\text{-N}$  uit de landbouwgronden. Anderzijds is er bij een toename van  $D_{\text{Tolhuis}}$  ook een zeer lichte toename van de opgeloste zuurstof die de nitrifikatie ook in de hand werkt.

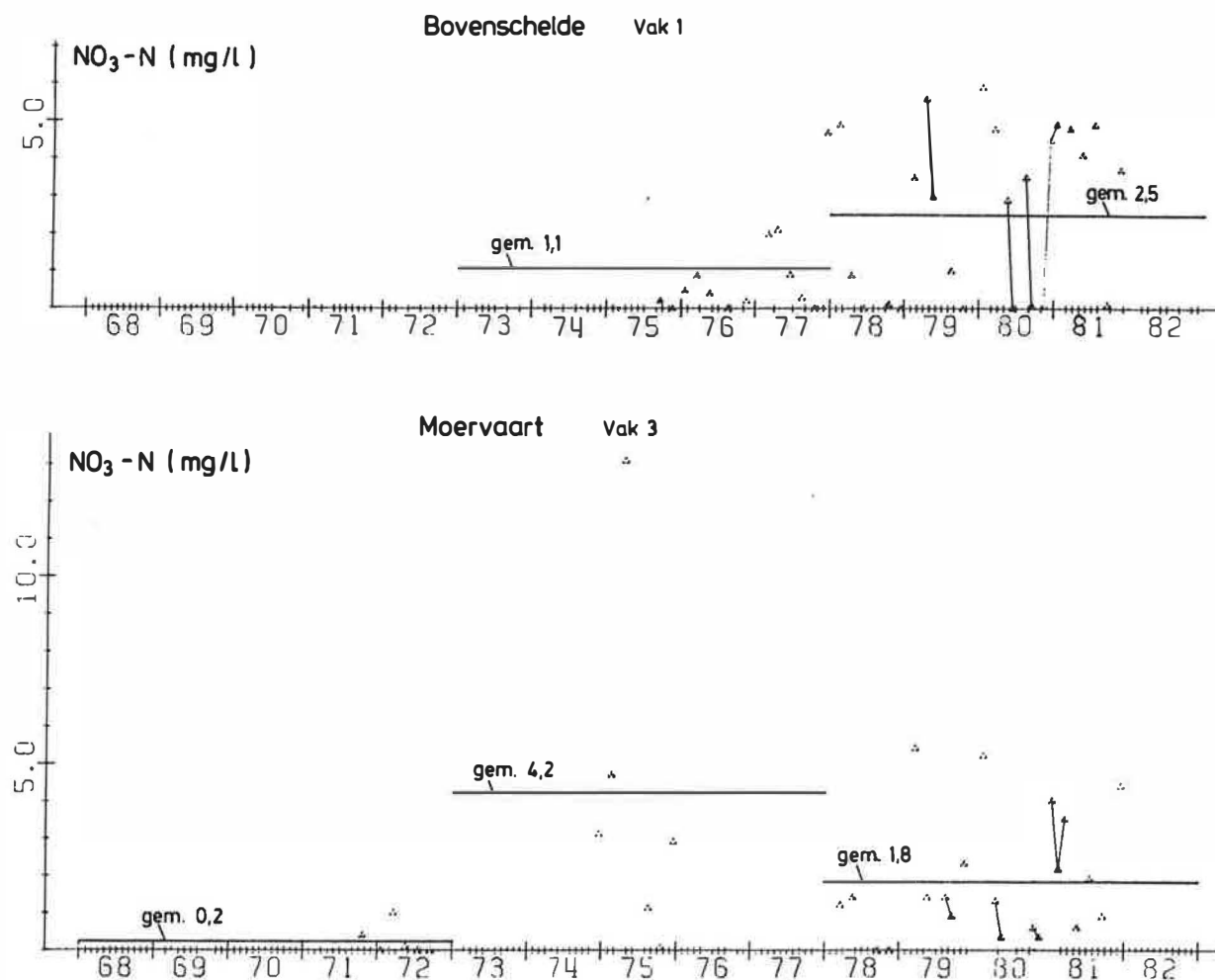
#### 12.5. Verloop in de tijd in de wateraanvoerende waterlopen

Er werden weinig nitraatbepalingen uitgevoerd van de wateraanvoerende waterlopen zodat er bij de interpretatie enige voorzichtigheid geboden is. Het nitraatgehalte in de Bovenschelde is ongeveer gelijk aan dit in het kanaal in vak (1,2). Er treden echter grote variaties op (0-6 mg/l) waarbij de grootste concentraties voorkomen in de winterperiode. In de andere waterlopen is er geen grotere nitraatbelasting.

Het verloop in de tijd in het dichtst bij het kanaal gelegen vak van de Bovenschelde en van de Moervaart werd voorgesteld in fig. 104. De gemiddelden per waterloop en per periode van 5 jaar zijn opgegeven in tabel 48.

	1/68-12/72	1/73-12/77	1/78-12/82
Bovenschelde	-	1,1	2,5
Leie	-	2,3	1,2
Kanaal Gent-Oostende	0,4	0,1	2,6
Ringvaart	0,4	-	-
Lieve	-	-	1,1
Burggravenstroom	-	-	1,6
Avrijevaart	-	-	2,3
Langelede	-	5,5	1,8
Zuidlede	-	3,0	1,9
Moervaart	0,2	4,2	1,8

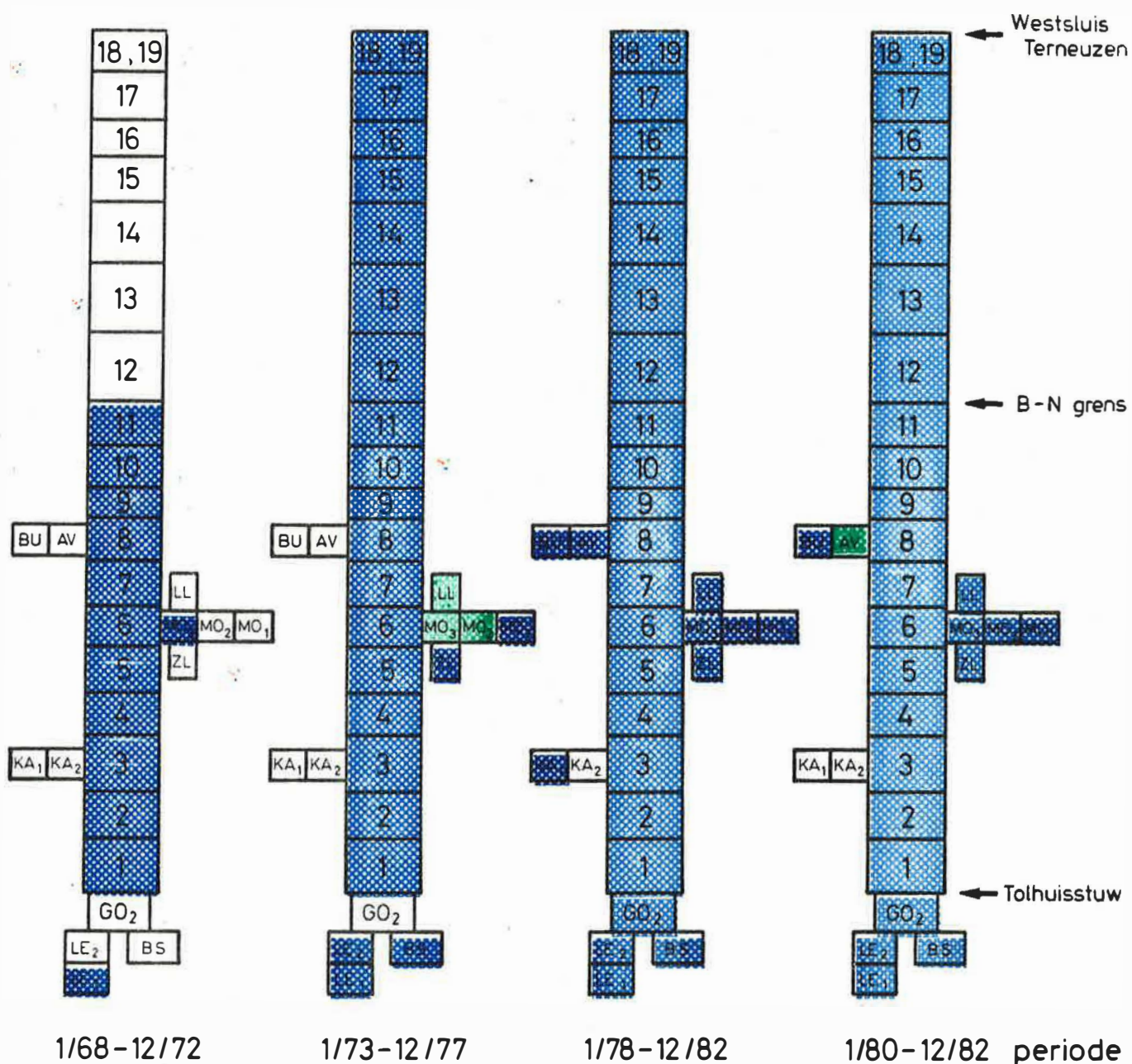
Tabel 48 :  $\text{NO}_3\text{-N}$  in de wateraanvoerende waterlopen t.o.v. de tijd.



**Fig. 104** : Verloop van de nitraatstikstof in de tijd in de Bovenschelde en de Moervaart.

### 12.6. Kwaliteitsindex

De kwaliteitsindex voor  $\text{NO}_3\text{-N}$  werd voorgesteld in fig. 105. Het betreft het diepte-interval 0-5 m van het kanaal en het diepte-interval 0-2 m van de wateraanvoerende waterlopen. Met uitzondering van vak 2 en 3 van de Moervaart en van de Langelede in de periode 1/73-12/77 en van de Avrijevaart in de periode 1/80-12/82 behoren alle vakken van het kanaal tot klasse 1 (0-4 mg  $\text{NO}_3\text{-N/l}$ ). De uitzonderingsvakken behoren tot klasse 2 (4-12 mg  $\text{NO}_3\text{-N/l}$ ).



GO Kanaal Gent - Oostende ( vak 2 )  
 BS Bovenschelde  
 LE Leie ( vak 1,2 )  
 KA Kale ( vak 1,2 )  
 BU Burggravenstroom  
 AV Avrijevaart  
 LL Langelede  
 ZL Zuidlede  
 MO Moervaart ( vak 1,2,3 )

Fig. 105 : Kwaliteitsindex op basis van de nitraatstikstof (0-5 m).

## 12.7. Besluit

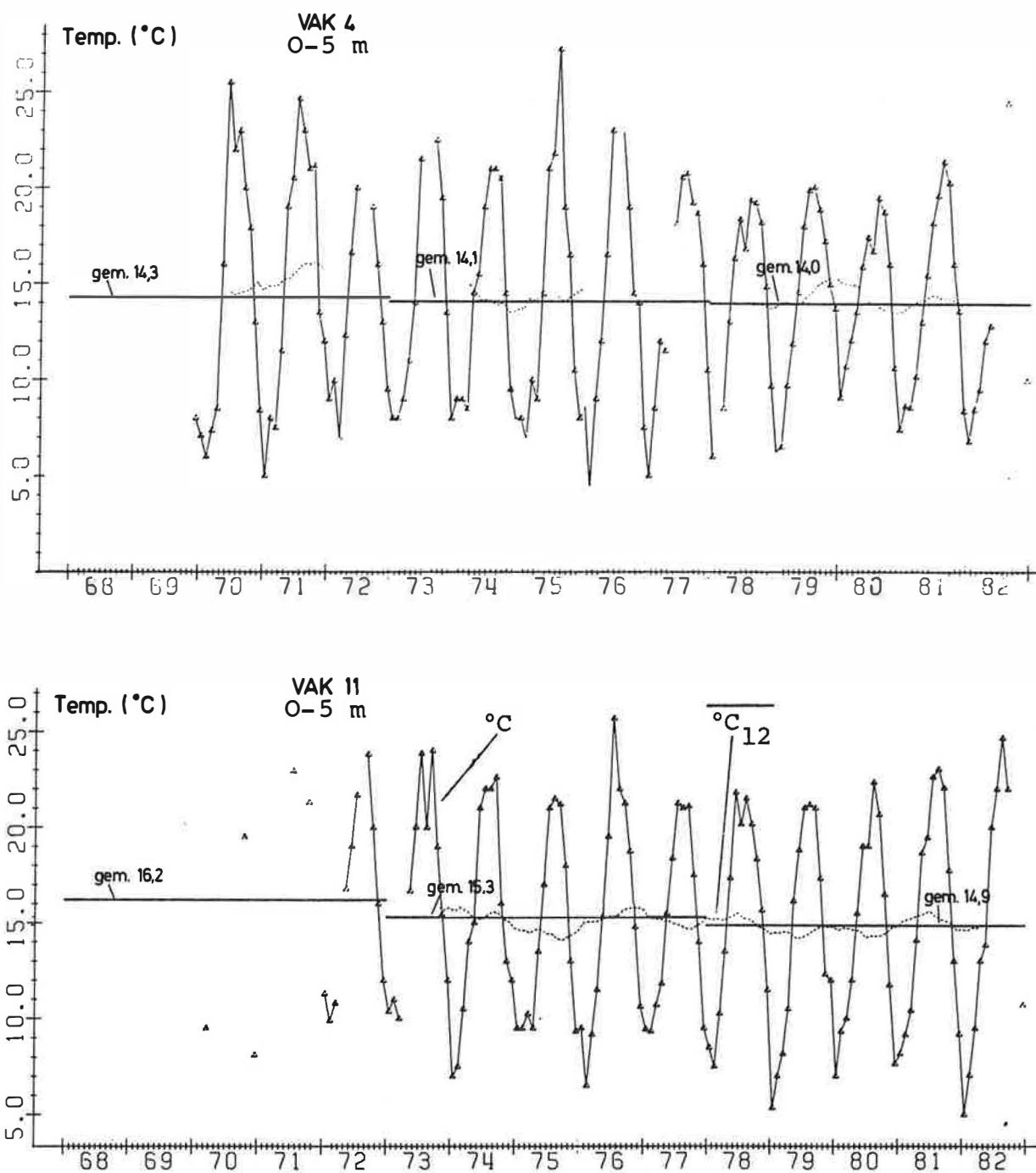
De nitraatstikstof neemt toe in het verloop van de tijd. In de vakken (1,2), 4, 8 en 11 is de gemiddelde  $\text{NO}_3\text{-N}$  in het diepte-interval 0-5 m respectievelijk 0,5; 1,0 en 2,3 mg/l in de perioden 1/68-12/72; 1/73-12/77 en 1/78-12/82. De tijds-kurven tonen een duidelijk verband tussen de concentraties  $\text{NO}_3\text{-N}$ ,  $\text{NH}_3\text{-N}$  en opgeloste zuurstof. De nitraatkurve volgt het verloop van de zuurstofkurve terwijl de ammoniakkurve er het spiegelbeeld van is. Er is een duidelijke jaarcyclus. De hoogste concentraties komen voor in het eerste kwartaal. In de maand mei is er een sterk daling van de  $\text{NO}_3\text{-N}$ . De laagste concentraties komen voor in het derde en vierde kwartaal. Over het algemeen daalt de  $\text{NO}_3\text{-N}$  en de opgeloste zuurstof van het eerste naar het vierde kwartaal en stijgt het ammoniakgehalte van het eerste naar het vierde kwartaal.

Uit het verloop in de afstand kan in grote lijnen aangetoond worden dat de nitraatstikstof hetzelfde verloop heeft als de opgeloste zuurstof en dat ze het tegenovergesteld verloop heeft van de ammoniakale stikstof. In het Nederlands kanaalgedeelte neemt het nitraatgehalte toe. Het nitraatgehalte neemt ook toe met toenemend debiet doch de correlatiecoëfficiënt is zeer laag. De toename in natte perioden is gedeeltelijk te wijten aan de uitspoeling van nitraatstikstof uit landbouwgronden.

In de wateraanvoerende waterlopen werden er geen grote nitraatbelastingen vastgesteld. Er zijn echter sterke schommelingen met de grootste concentraties in de winter.

### 13. Temperatuur

#### 13.1. Verloop in de tijd



**Fig. 106** : Verloop van de temperatuur in de tijd in het kanaal.

°C = maandgemiddelde.

$\overline{^{\circ}\text{C}_{12}}$  = twaalfmaandelijks symmetrisch voortschrijdend maandgemiddelde.

De gemiddelde temperatuur per vak werd opgegeven in tabel 49 voor de perioden 1/68-12/72; 1/73-12/77 en 1/78-12/82. De gemiddelde temperatuur varieert weinig in verloop van de tijd. Het temperatuursverloop in de vakken 4 en 11 werd voorgesteld in fig. 106.

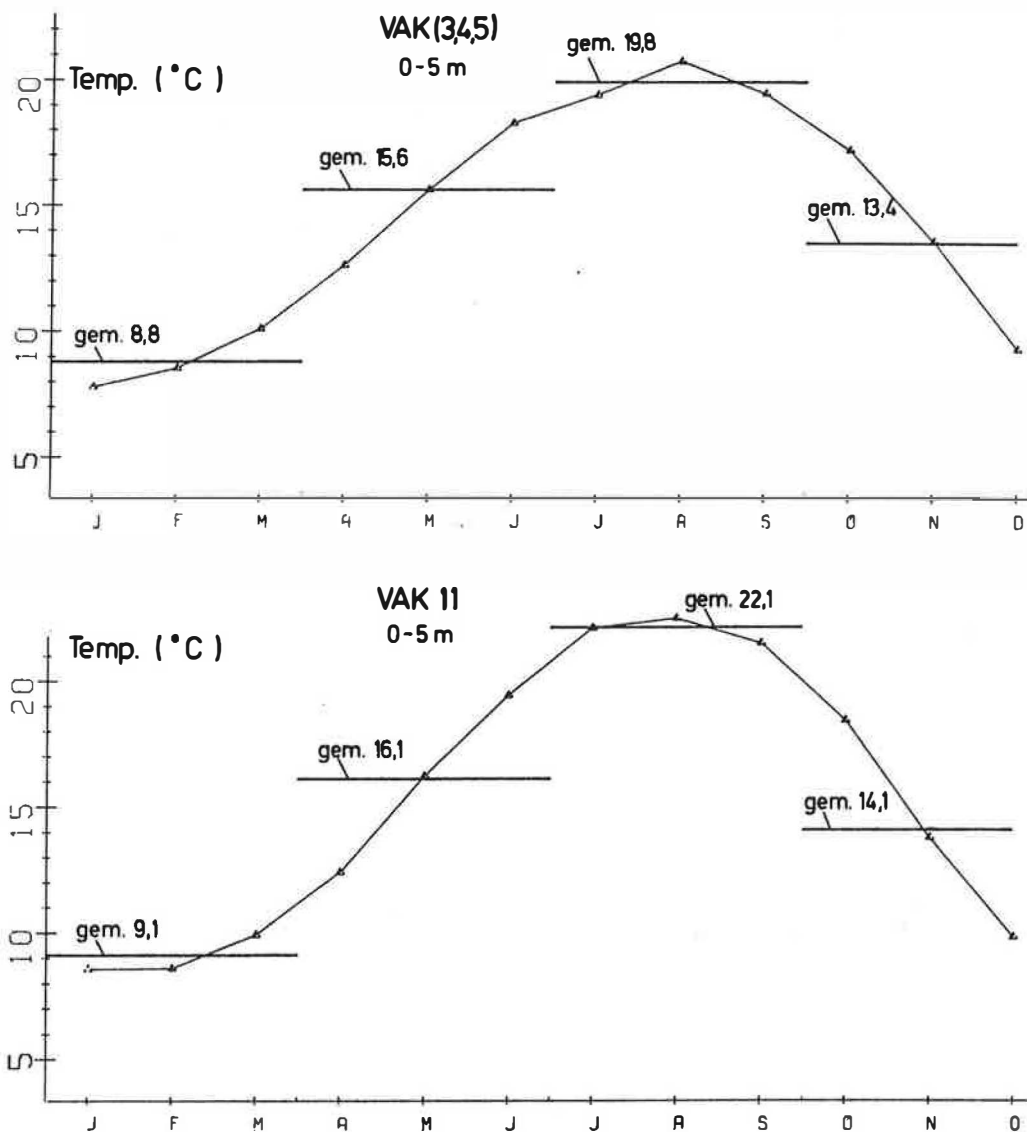
Vak	1/68-12/72	1/73-12/77	1/78-12/82
(1,2)	12,5	14,8	13,6
4	14,3	14,1	14,0
8	15,8	15,1	16,1
11	16,2	15,3	14,9
gemiddelde	14,70	14,83	14,65

Tabel 49 : Temperatuur in het kanaal per vak t.o.v. de tijd (0-5 m).

### 13.2. Gemiddelde per maand

De laagste temperatuur komt voor in januari en de hoogste komen voor in augustus (fig. 107). In het eerste, tweede, derde en vierde kwartaal is de temperatuur in vak (3,4,5) 8,8; 15,6; 19,8 en 13,4 °C en in vak 11 9,1; 16,1; 22,1 en 14,1 °C. In vak 11 (Belgisch-Nederlandse grens) is de temperatuur 0,3 à 2,3 °C hoger dan in vak (3,4,5). In de koudere maanden is het verschil tussen beide vakken het kleinst terwijl het in de warmste maanden het grootst is. Er is aldus tussen vak (3,4,5) en 11 een opwarming van het kanaalwater welke vooral merkbaar is tussen mei en oktober.





**Fig. 107** : Gemiddelde temperatuur per maand in het kanaal (12/68-12/82).

### 13.3. Verloop in de afstand

De temperatuur in het diepte-interval 0-5 m in de periode 12/68-12/82 werd uitgezet in fig. 108. . Vanaf de Tolhuisstuw stijgt de temperatuur van 13,9 tot 17,4 °C in vak 6. Vooral in vak 6 is er een sterke stijging (1,85 °C) ter hoogte van de aansluiting met de Moervaart. Deze stijging is het gevolg van de lozing van het koelwater van een elektriciteitscentrale. Vervolgens daalt de temperatuur tot in vak 8. In vak 9 en 10 (Zelzatebrug) is er terug

een stijging en dit vooral ten gevolge van industriële lozingen. In vak 11 is de temperatuur 15,3 °C. In Nederland is er nog een stijging te Sluiskil. Voor de periode 11/80-2/83 is de temperatuur uitgezet voor de drie diepte-intervallen in fig. 109. In deze periode bemerken we ongeveer hetzelfde verloop als in de periode 12/68-12/82. In het diepte-interval 0-5 m is de toename in vak 6 echter groter (2,2 °C).

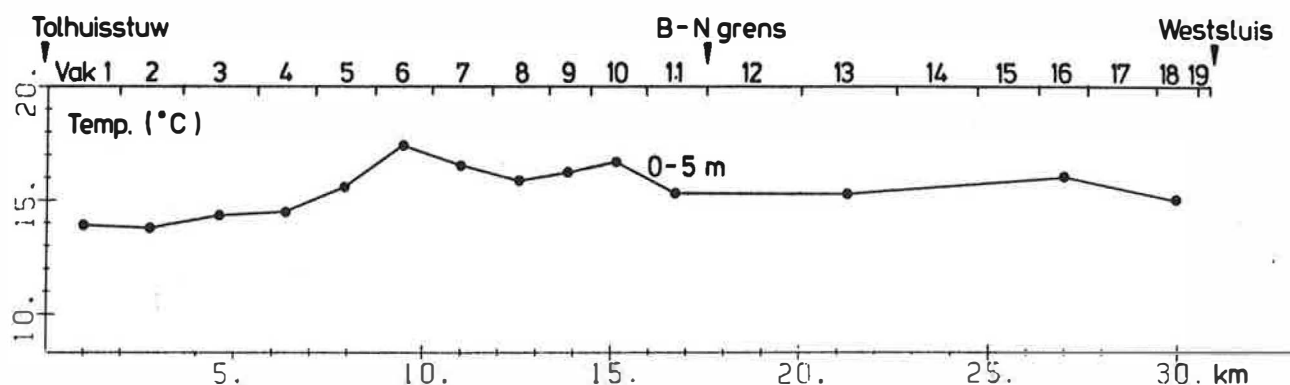


Fig. 108 : Verloop van de temperatuur in de afstand in het kanaal (12/68-12/82).

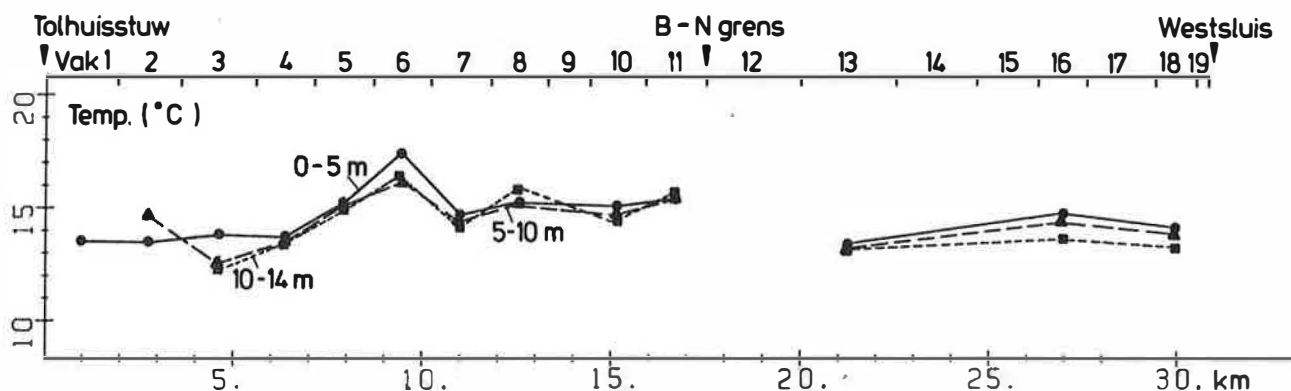


Fig. 109 : Verloop van de temperatuur in de afstand in het kanaal (11/80-2/83).

De toe- en afname rond vak 6 verschilt per diepte interval. In het bovenste diepte-interval stijgt de temperatuur in vak 5 en 6 met 3,7 °C en in de twee onderste diepte-intervallen slechts met 2,8 °C. De daling stroomafwaarts vak 6 is in het

bovenste diepte-interval ook iets sneller dan in de onderste diepte-intervallen.

#### 13.4. Verloop in de diepte

De temperatuur in de vakken (4,5) en (7,8, 9,10,11) in de periode 11/80-2/83 werd berekend per diepte-interval. In vak (4,5) is de temperatuur in het eerste, tweede en derde diepte-interval 14,8; 15,0 en 14,3 °C en in vak (7,8,9,10,11) 14,9; 15,0 en 14,9 °C. De temperatuur verandert dus weinig in de diepte. Er is een lichte afname met toenemend diepte-interval in het Nederlands kanaalgedeelte dat veroorzaakt wordt door het instromend kouder zeewater.

#### 13.5. Verloop in de tijd in de wateraanvoerende waterlopen

Er zijn onvoldoende gegevens bekend die gelijk verspreid zijn over de verschillende perioden om betrouwbare cijfers op te geven. Uit de beschikbare resultaten werd er evenwel nergens een thermische verontreiniging vastgesteld.

#### 13.6. Besluit

In het diepte-interval 0-5 m varieert de gemiddelde temperatuur in de vakken (1,2), 4, 8 en 11 praktisch niet per periode van 5 jaar. In vak 11 is de laagste temperatuur 9,1 °C (eerste kwartaal) en de hoogste temperatuur 22,1 °C (derde kwartaal). Over het algemeen is er een temperatuurstijging vanaf de Tolhuisstuw tot aan de Belgisch-Nederlandse grens. Aan de Moervaart is er een opmerkelijke stijging door de lozing van koelwater van een elektriciteitscentrale. In het Belgisch kanaalgedeelte varieert de gemiddelde temperatuur weinig per diepte-interval. In het Nederlands kanaalgedeelte is er een lichte afname met toenemend diepte-interval.

## 14. Totaal fosfaat

### 14.1. Verloop in de tijd

Alhoewel er minder gegevens zijn van het totaal fosfaat stellen we toch een duidelijke daling vast per periode van 5 jaar. In fig. 110 is het fosfaatverloop uitgezet van vak 11 in het diepte-interval 0-5 m. De gemiddelde waarden per 5 jaar zijn opgegeven in tabel 50.

Vak	1/68-12/72	1/73-12/77	1/78-12/82
(1,2)	8,7	5,8	5,9
4	-	6,2	4,8
8	-	14,0	4,2
11	14,1	10,7	7,5
gemiddelde	11,4	9,2	5,6

Tabel 50 : Totaal fosfaat in het kanaal per vak t.o.v. de tijd (0-5 m).

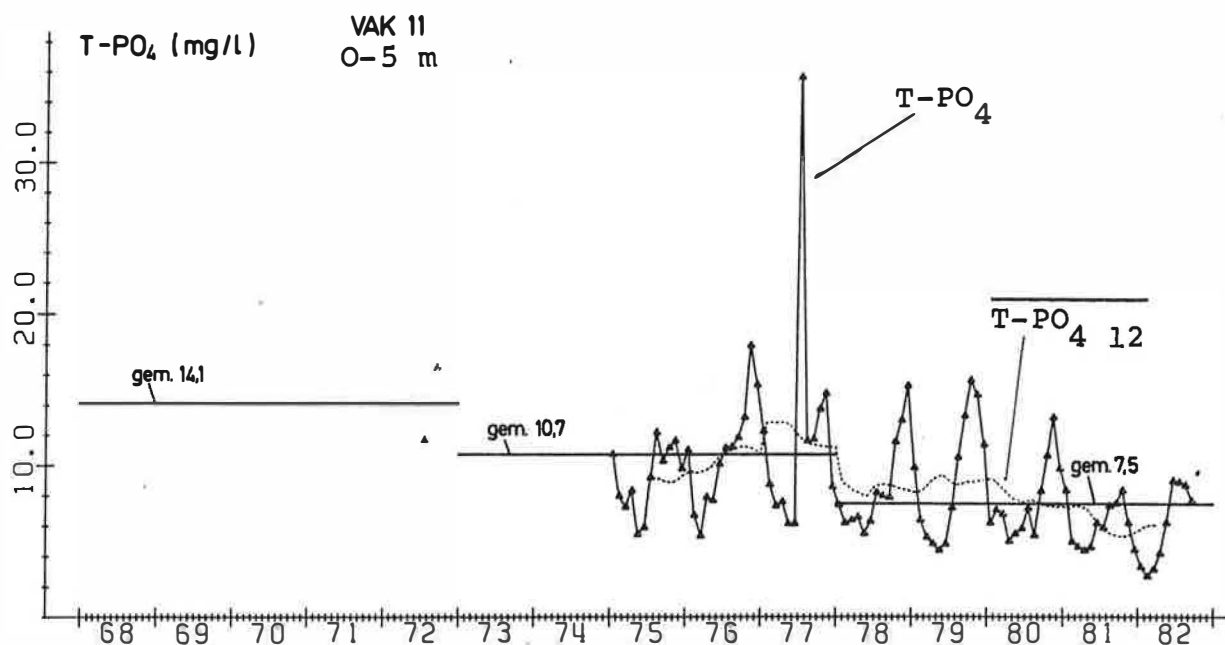


Fig. 110 : Verloop van het totaal fosfaat in de tijd in het kanaal.

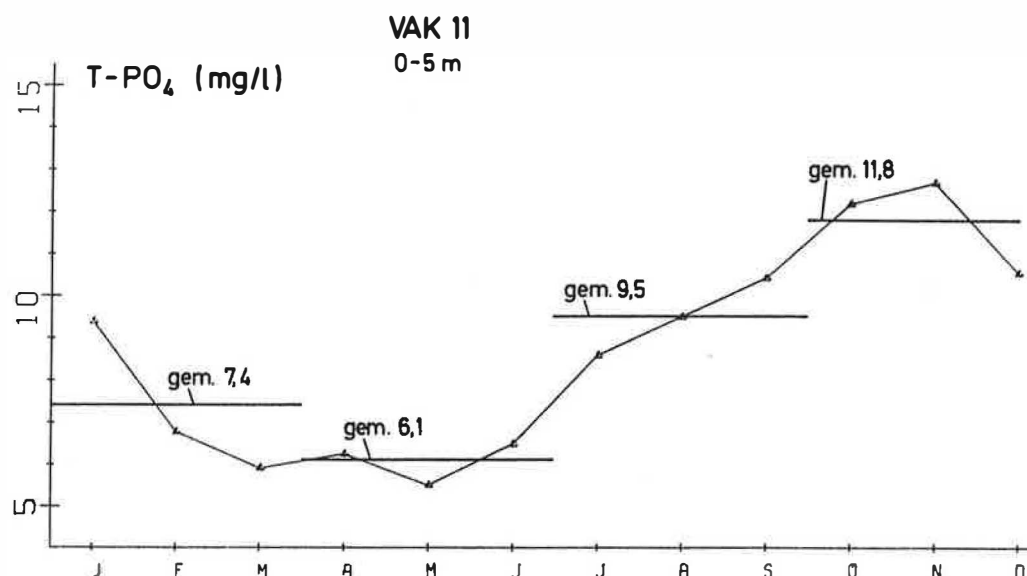
$T-PO_4$  = maandgemiddelde.

$T-PO_4 \ 12$  = twaalfmaandelijks symmetrisch voortschrijdend gemiddelde.

In het twaalfmaandelijks voortschrijdend gemiddelde is de fosfaatkonzentratie het grootst van 1976 tot 1977 ( $\pm 12$  mg/l). In 1978-1979 is de gemiddelde concentratie ongeveer 9 mg/l en in 1980-1981 is er een verdere daling tot ongeveer 6 mg/l.

#### 14.2. Gemiddelde per maand

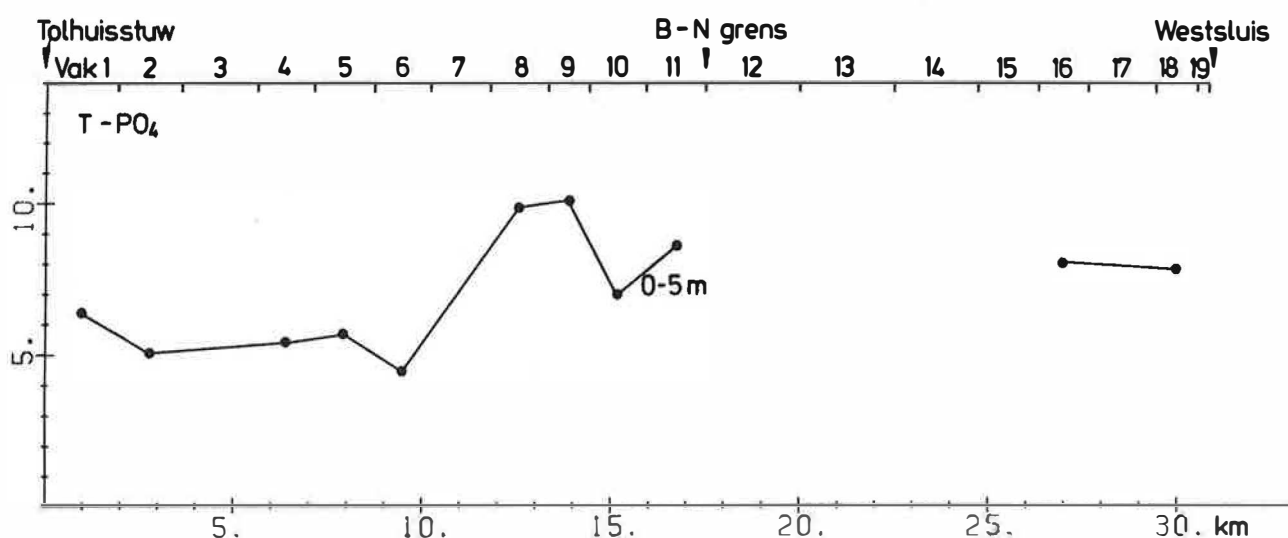
De gemiddelden per maand van de periode 12/68-12/82 geven een duidelijke jaarcyclus weer in het diepte-interval 0-5 m. De fosfaatkonzentraties in vak 11 in het eerste, tweede, derde en vierde kwartaal zijn respectievelijk 7,4; 6,1; 9,5 en 11,8 mg/l. De fosfaatkonzentraties dalen in het eerste kwartaal. Op het einde van het tweede kwartaal nemen ze toe en in november bereiken ze hun hoogste waarde (fig. 111).



**Fig. 111** : Gemiddeld totaal fosfaat per maand in het kanaal (12/68-12/82).

#### 14.3. Verloop in de afstand

In fig. 112 werd de fosfaatkonzentratie uitgezet voor de periode 12/68-12/82 in het diepte-interval 0-5 m. Van de Tolhuisstuw tot aan vak 6 (Moervaart) schommelt de fosfaatkonzentratie rond de 5,5 mg/l. In vak 8 en 9 is er een fosfaatstijging tot 10 mg/l die veroorzaakt wordt door industriële lozingen. Hierna daalt de concentratie terug en bereikt 8,6 mg/l aan de grens. Op Nederlands grondgebied is de gemiddelde concentratie 7,9 mg/l



**Fig. 112** : Verloop van het totaal fosfaat in de afstand in het kanaal (12/68-12/82).

#### 14.4. Verloop in de tijd in de wateraanvoerende waterlopen

De gemiddelden per periode van 5 jaar voor het dichtst bij het kanaal gelegen vak van de wateraanvoerende waterlopen zijn gesteund op weinig gegevens zodat deze met de nodige voorzichtigheid moeten geïnterpreteerd worden. De gemiddelden zijn opgegeven in tabel 51.

	1/68-12/72	1/73-12/77	1/78-12/82
Bovenschelde	-	8,8	6,9
Leie	-	1,8	-
Ringvaart	7,0	-	-
Zuidlede	-	6,8	2,7
Moervaart	6,3	6,4	3,2

Tabel 51 : Totaal fosfaat in de wateraanvoerende waterlopen  
t.o.v. de tijd.

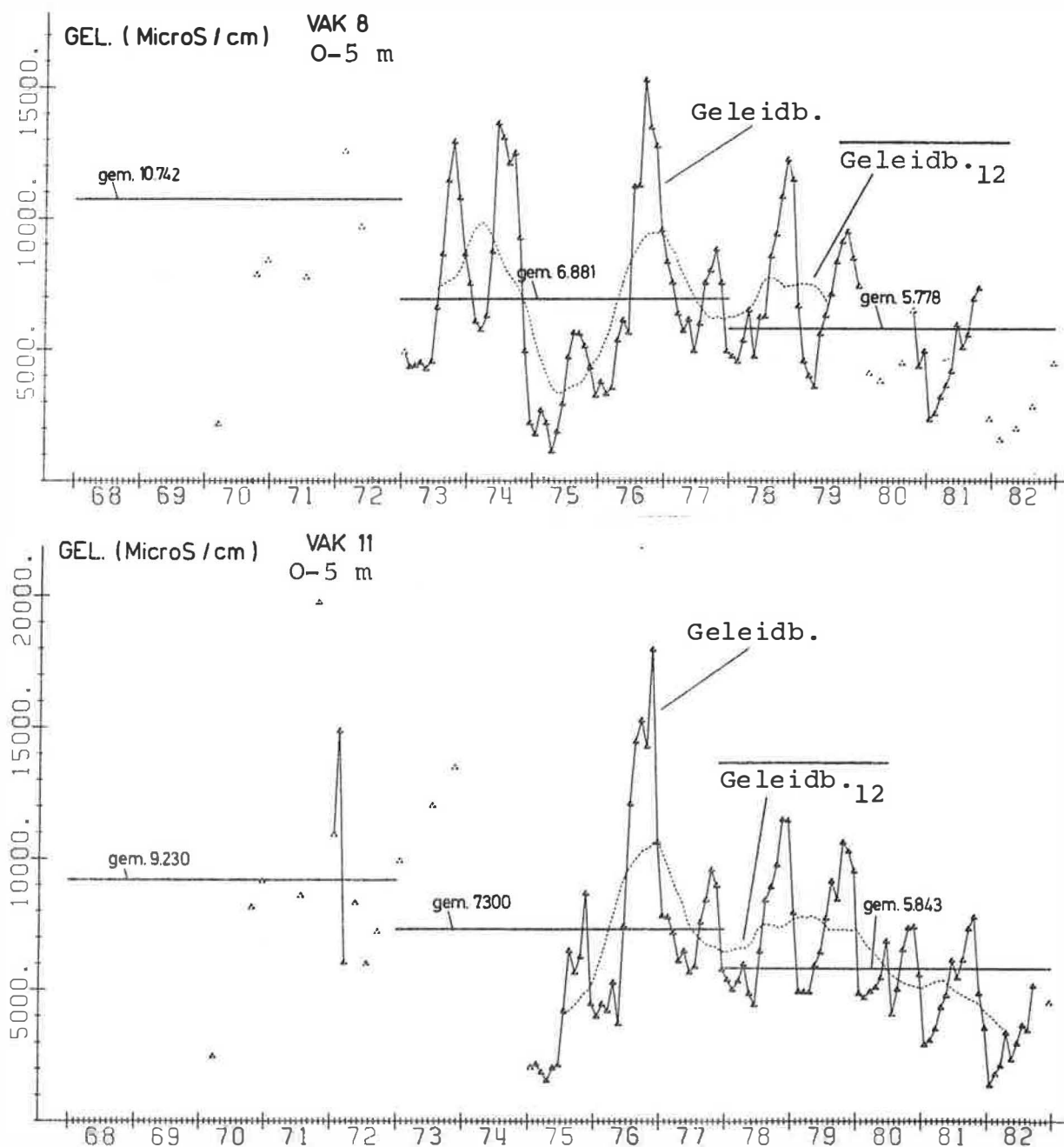
#### 14.5. Besluit

Het fosfaatgehalte daalt in het verloop van de tijd. De gemiddelde concentratie van de vakken (1,2), 4, 8 en 11, in het diepte-interval 0-5 m, is respectievelijk 11,4; 9,2 en 5,6 mg/l in de perioden 1/68-12/72, 1/73-12/77 en 1/78-12/82. Vooral sinds 1980 nemen de concentraties af.

Er is een duidelijke jaarcyclus met een afname in het eerste kwartaal en een stijging op het einde van het tweede kwartaal. De hoogste concentraties komen voor in het vierde kwartaal. Het fosfaatgehalte is 6,4 mg/l aan de Tolhuisstuw en 8,6 mg/l aan de Belgisch-Nederlandse grens. De toename koncentreert zich enkel in vak 8 en 9.

## 15. Geleidbaarheid

### 15.1. Verloop in de tijd



**Fig. 113** : Verloop van de geleidbaarheid in de tijd in het kanaal.

Geleidb. = maandgemiddelde.

Geleidb.<sub>12</sub> = twaalfmaandelijks symmetrisch voortschrijdend gemiddelde.



De geleidbaarheid in de vakken 8 en 11 in het diepte-interval 0-5 m werd uitgezet in fig. 113. In de periode 1/68-12/72, 1/73-12/77 en 1/78-12/82 is de geleidbaarheid in vak 8 respectievelijk 10742, 6881 en 5778  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en in vak 11 9230, 7300 en 5843  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

De geleidbaarheid vertoont grote schommelingen en heeft hetzelfde verloop als het chloridegehalte (fig. 38 en 40). In het kanaal wordt de geleidbaarheid trouwens vooral bepaald door het binnenkomend zeewater.

De geleidbaarheid neemt sterk af in het natte najaar van 1974 en bereikt haar hoogtepunt in de zomer van 1976. Sinds 1979 stellen we een trend vast die wijst op een dalende geleidbaarheid. Hieruit kunnen we afleiden dat de geleidbaarheid gunstig evolueert in de laatste jaren.

In de andere diepte-intervallen evolueert de geleidbaarheid eveneens op dezelfde wijze als het chloridegehalte.

#### 15.2. Gemiddelde per maand

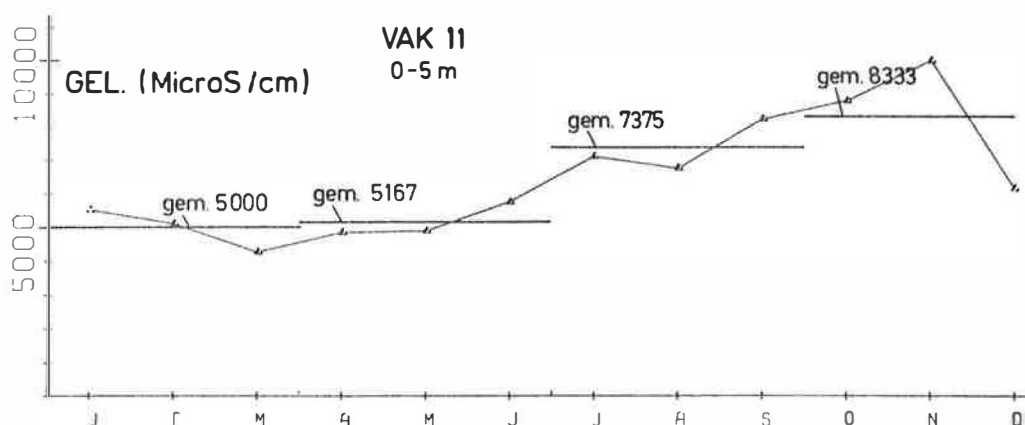


Fig. 114 : Gemiddelde geleidbaarheid per maand in het kanaal (12/68-12/82).

Het gemiddelde per maand van vak 11 in het diepte-interval 0-5 m werd uitgezet in fig. 114. De jaarcyclus verloopt hetzelfde als deze van chloriden (fig. 51) met dit verschil dat er een lichte verschuiving optreedt. De laagste geleidbaarheid komt voor in maart en de hoogste in november. Daartegenover komt de laagste chlorideconcentratie voor in de maanden januari en februari en de hoogste in de maand september. Deze verschuiving is niet te wijten aan een verschillend verloop van geleidbaarheid t.o.v. chloriden maar aan het verschil in beschouwde periode. Voor de geleidbaarheid werden de gemiddelden per maand berekend voor de periode 12/68-12/82 en voor de chloriden werd enkel rekening gehouden met de periode 10/74-12/82. In de periode 12/68-9/74 was  $D_{\text{Tolhuis}}$  merkkelijk lager dan in de periode 10/74-12/82. Nochtans hebben zowel geleidbaarheid als chloride in beide perioden een gelijkaardige jaarcyclus met langzame stijging en veel snellere daling. In vak 11 zijn de gemiddelden in het eerste, tweede, derde en vierde kwartaal respectievelijk 5000, 5167, 7375 en 8333  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

### 15.3. Verloop in de afstand

We beperken ons hier tot het opgeven van een grafiek voor het diepte-interval 0-5 m voor de periode 12/68-12/82. Voor een meer gedetailleerde bespreking van de geleidbaarheid in de verschillende diepte-intervallen en het gedrag ervan in het algemeen verwijzen we naar de bespreking van chloriden' (IX, 4.4.). De geleidbaarheid in het kanaal wordt trouwens voor het grootste gedeelte bepaald door de chloriden. Uit fig. 115 blijkt dat de geleidbaarheid stroomafwaarts toeneemt. Aan de Tolhuisstuw bedraagt ze 1806  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en aan de Belgisch-Nederlandse grens 6360  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . De geleidbaarheid neemt eveneens toe met

toenemend diepte-interval door het binnendringend  
zeewater.

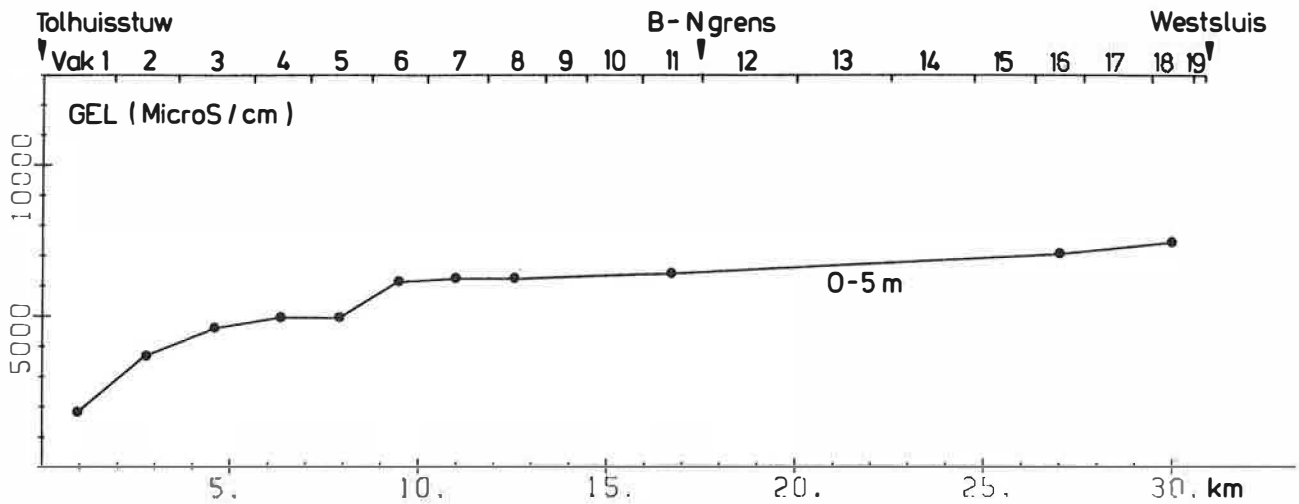


Fig. 115 : Verloop van de geleidbaarheid in de afstand in  
het kanaal (12/68-12/82).

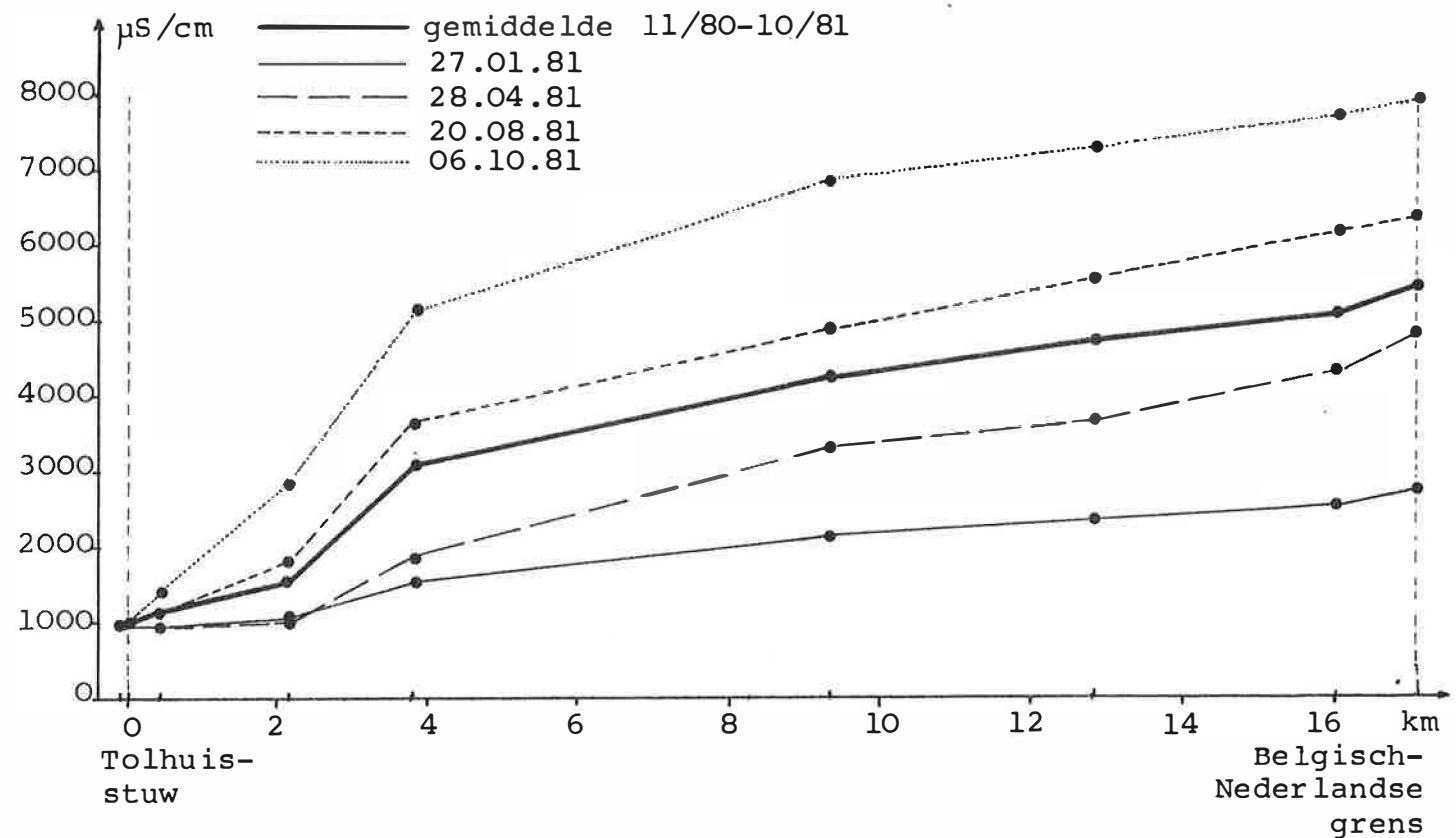


Fig. 116 : Geleidbaarheid in de afstand in het kanaal  
(11/80-10/81) (0,5 m diepte).

Het verloop van de geleidbaarheid in de afstand (fig. 116) werd overgenomen uit de studie "Oxygenatiekapaciteit van de Tolhuisstuw en de oppervlaktebeluchters opgesteld in het kanaal Gent-Terneuzen". Daar ieder meetpunt van een bepaalde prospektie op dezelfde dag bemonsterd werd krijgen we een duidelijk beeld van het verloop van de geleidbaarheid. In fig. 116 is de gemiddelde geleidbaarheid uitgetekend van 11 prospekties en van verschillende afzonderlijke prospekties. Aan de Tolhuisstuw is de gemiddelde geleidbaarheid  $1010 \mu\text{S}/\text{cm}$  en aan de Belgisch-Nederlandse grens  $5407 \mu\text{S}/\text{cm}$ . Per prospektie verschilt de geleidbaarheid echter sterk. Aan de Belgisch-Nederlandse grens varieert ze van  $2770$  tot  $7917 \mu\text{S}/\text{cm}$ .

#### 15.4. Korrelatie geleidbaarheid-debiet

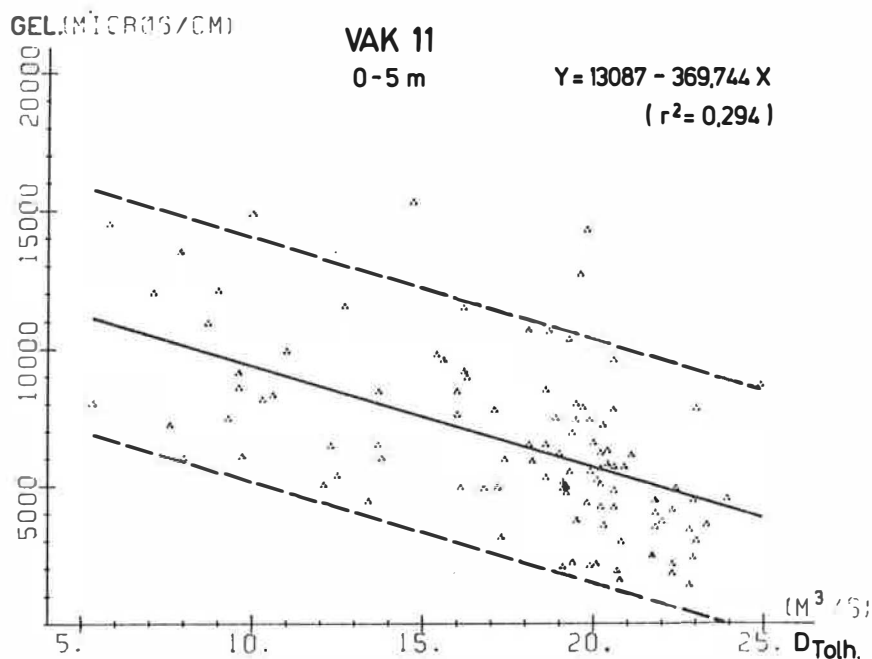


Fig. 117 : Korrelatie geleidbaarheid- $D_{\text{Tolhuis}}$   
(12/68-12/82).

In de periode 12/68-12/68 bestaat er een zwak verband tussen de geleidbaarheid en het debiet in het diepte-interval 0-5 m. Voor de vergelijking  $y = 13087,6 - 369,744 X$  is  $r^2$  0,29.

De korrelatie geleidbaarheid- $D_{Tolhuis}$  is vergelijkbaar met de korrelatie chloride- $D_{Tolhuis}$ . De punten boven- en onderaan de regressierechte kunnen begrensd worden door een lijn die parallel loopt aan de rechte. De verspreiding van de punten is ook hier te wijten aan de afwijking van het debiet in vak 11 t.o.v.  $D_{Tolhuis}$ . Onder de rechte stemmen ze overeen met een nattere periode met extra aanvoer tussen de Tolhuisstuw en vak 11 en boven de rechte stemmen ze overeen met een drogere periode. In fig. 117 wordt alleen het verband voorgesteld tussen de geleidbaarheid en  $D_{Tolhuis}$ , gegeven in vak 11 en het diepte-interval 0-5 m. Voor de andere vakken en diepte-intervallen verwijzen we naar de bespreking bij chloriden (IX, 4.5.). De geleidbaarheid wordt vooral bepaald door het binnendringend zeewater. De daling van de geleidbaarheid bij toenemend debiet is hier vooral te wijten aan een grotere doorspoeling van het kanaal en veel minder aan de kwaliteitsverandering van de wateraanvoerende waterlopen in natte en droge perioden. Om de gelijklopendheid van het verband geleidbaarheid- $D_{Tolhuis}$  en chloride- $D_{Tolhuis}$  te illustreren geven we hierna de geleidbaarheid en het chloridegehalte voor verschillende debieten berekend uit de vergelijking van de regressierechte in vak 11 (fig. 63 en 117). Uit de verhouding geleidbaarheid-chloride blijkt dat zowel de geleidbaarheid als het chloridegehalte met ongeveer dezelfde mate afneemt met toenemend debiet.

D <sub>Tolhuis</sub> m	Geleidbaarheid $\mu\text{S}/\text{cm}$	$\text{Cl}^-$ mg/l	Verhouding / $\text{Cl}^-$
10	9390	3140	3,0
15	7541	2455	3,1
20	5693	1770	3,2
25	3844	1085	3,5

#### 15.5. Verloop in de diepte

De geleidbaarheid in de vakken (4,5) en (7,8,9,10,11) werd berekend per diepte-interval voor de periode 11/80-2/83. In het eerste, tweede en derde diepte-interval is de geleidbaarheid in vak (4,5) respectievelijk 3708, 4148 en 5297  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en in vak (7,8,9,10,11) 4409, 4635 en 6260  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . De stijging van de geleidbaarheid is het grootst in het derde diepte-interval.

#### 15.6. Verloop in de tijd in de wateraanvoerende waterlopen

De gemiddelde geleidbaarheid in de dichtst bij het kanaal gelegen vakken van de wateraanvoerende waterlopen wordt opgegeven in tabel 52 per periode van 5 jaar.

	1/68-12/72	1/73-12/77	1/78-12/82
Bovenschelde	-	1045	942
Leie	-	1328	1000
Kanaal Gent-Oostende	1243	1240	1067
Langelede	-	1360	-
Zuidlede	-	1467	1810
Moervaart	3764	1803	2828

Tabel 52 : Geleidbaarheid in de wateraanvoerende waterlopen  
t.o.v. de tijd.

De geleidbaarheid in de Bovenschelde in het verloop van de tijd werd uitgezet in fig. 118. De gemiddelden zijn gesteund op een beperkt aantal gegevens en geven enkel een algemeen beeld van de kwaliteit van de wateraanvoerende waterlopen. Zo is b.v. de geleidbaarheid van het Leiewater in de periode 1/73-12/78 vooral gesteund op gegevens van het droge jaar 1976. Anderzijds zien we duidelijk dat de Moervaart verzilt is.

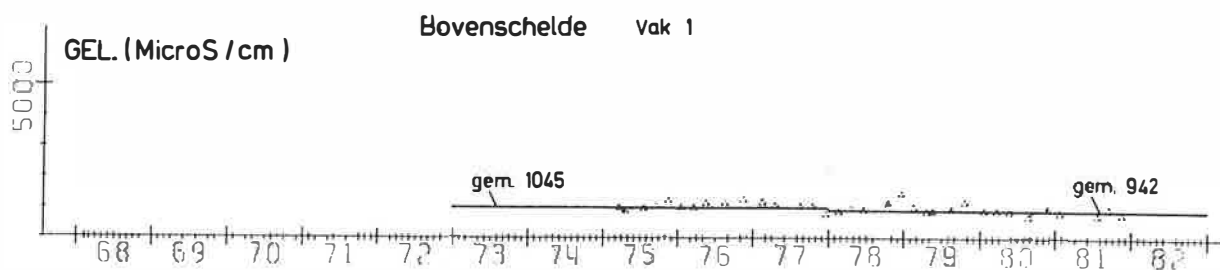


Fig. 118 : Verloop van de geleidbaarheid in de tijd in de Bovenschelde.

### 15.7. Kwaliteitsindex

#### 15.7.1. Geleidbaarheid

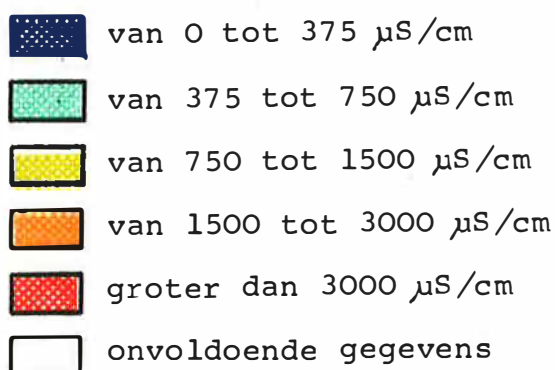
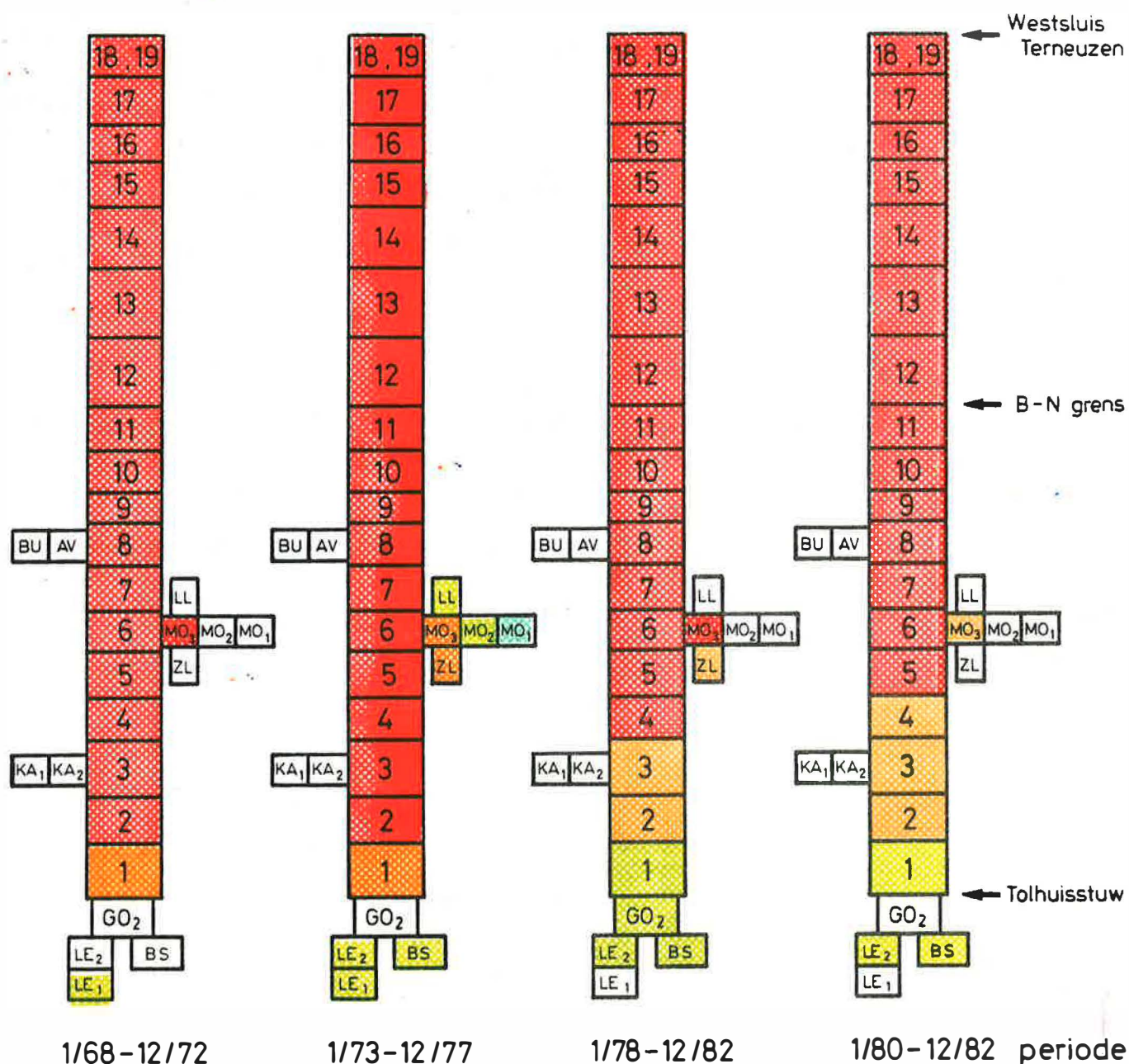
De index voor geleidbaarheid wordt voorgesteld in fig. 119. De meeste kanaalvakken behoren tot klasse 5 ( $>3000 \mu\text{S}/\text{cm}$ ). In de periode 1/68-12/72 en 1/73-12/77 valt vak 1 van het kanaal in klasse 4 ( $1500 - 3000 \mu\text{S}/\text{cm}$ ). In de periode 1/78-12/82 behoort vak 1 tot klasse 3 ( $750 - 1500 \mu\text{S}/\text{cm}$ ) en vak 2 en 3 tot klasse 4 en in de periode 1/80-12/82 behoort vak 1 tot klasse 3 en vak 2, 3 en 4 tot klasse 4. De Bovenschelde, de Leie en het kanaal Gent-Oostende behoren in alle perioden tot klasse 3 ( $750-1500 \mu\text{S}/\text{cm}$ ). Vak 3 van de Moervaart wordt negatief beïnvloed door de verzilting en behoort tot klasse 4

of 5. In de periode 1/73-12/77 behoort vak 1 van de Moervaart tot klasse 2 en vak 2 tot klasse 3. De Langelede valt in klasse 3 en de Zuidlede in klasse 4. Het kanaal vertoont een verbetering in het verloop van de tijd.

#### 15.7.2. Chloride

Daar de geleidbaarheid vooral wordt beïnvloed door chloride wordt in fig. 120 van het diepte-interval 0-5 m in het kanaal en van het diepte-interval 0-2 m in de wateraanvoerende waterlopen de index voor chloride opgegeven. Het merendeel van de vakken van het kanaal behoort tot klasse 5 ( $>500 \text{ mg Cl}^-/\text{l}$ ). De eerste vakken van het kanaal hebben evenwel een betere kwaliteit en er is een kwaliteitsverbetering in de loop van de tijd. In de periode 1/80-12/82 behoort het eerste vak zelfs tot klasse 2 ( $50-150 \text{ mg/l}$ ) en vak 2 en 3 tot klasse 4. De Bovenschelde en de Leie hebben een veel lager chloridegehalte en behoren tot klasse 2 of 3 ( $50-150 \text{ mg/l}$  of  $150-300 \text{ mg/l}$ ). Het derde vak van de Moervaart wordt beïnvloed door de verzilting en behoort tot klasse 4 of 5. Vak 1 en 2 van de Moervaart behoren daarentegen tot klasse 2 in de periode 1/73-12/77. De Langelede behoort tot klasse 3 en de Zuidlede tot klasse 3 of 4. Zoals bij de geleidbaarheid stellen we in het kanaal een verbetering vast in het verloop van de tijd.





GO Kanaal Gent - Oostende (vak 2)

BS Bovenschede

LE Leie (vak 1,2)

KA Kale (vak 1,2)

BU Burggravenstroom

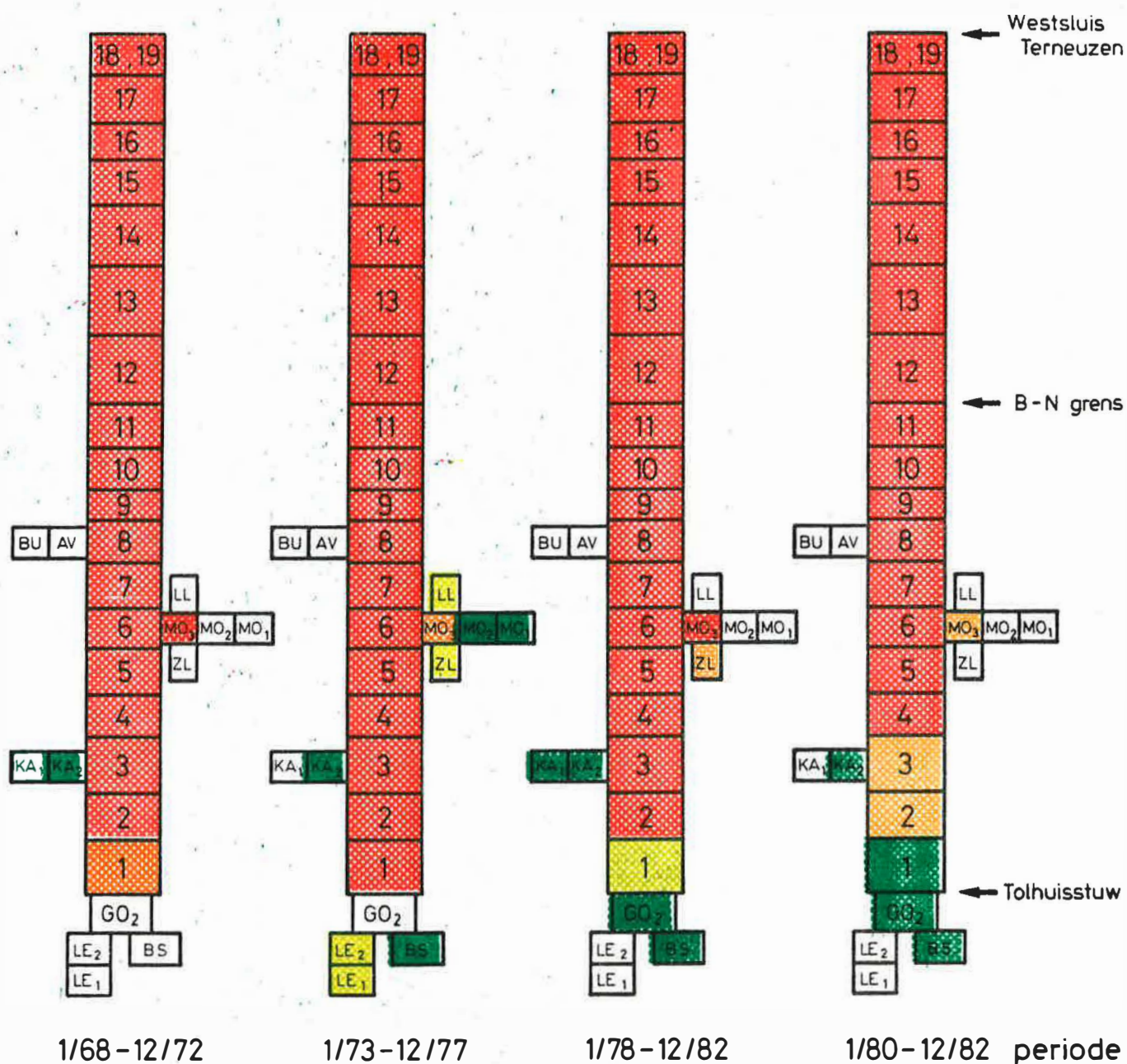
AV Avrijevaart

LL Langelede

ZL Zuidlede

MO Moervaart (vak 1,2,3)

Fig. 119 : Kwaliteitsindex op basis van de geleidbaarheid (0-5 m).



GO Kanaal Gent - Oostende (vak 2 )  
 BS Bovenschede  
 LE Leie (vak 1,2)  
 KA Kale (vak 1,2)  
 BU Burggravenstroom  
 AV Avrijevaart  
 LL Langelede  
 ZL Zuidlede  
 MO Moervaart (vak 1,2,3 )

Fig. 120 : Kwaliteitsindex op basis van het chloride (0-5 m).

### 15.8. Besluit

De geleidbaarheid heeft hetzelfde verloop als het chloridegehalte. De hoogste concentraties komen voor in 1973, 1974 en 1976 en de laagste op het einde van 1974 en het begin van 1975. Alhoewel er grote schommelingen voorkomen stellen we toch een daling vast van de geleidbaarheid in het verloop van de tijd. Vooral sinds 1979 worden er lagere concentraties gemeten. In de perioden 1/68-12/72, 1/73-12/77 en 1/78-12/82 is de geleidbaarheid in vak 11 (diepte-interval 0-5 m) respectievelijk 9230, 7300 en 5843  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

De geleidbaarheid heeft dezelfde jaarcyclus als het chloridegehalte. De laagste geleidbaarheid komt voor in het eerste kwartaal en de hoogste in het vierde. In vak 11 (diepte-interval 0-5 m) is er een stijging van het eerste naar het vierde kwartaal in de periode 12/68-12/82 van 5000 naar 8333  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . De geleidbaarheid neemt toe in het diepte-interval 0-5 m vanaf de Tolhuisstuw (1806  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) tot aan de Belgisch-Nederlandse grens (6360  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). In het Nederlands kanaalgedeelte is er nog een verdere toename.

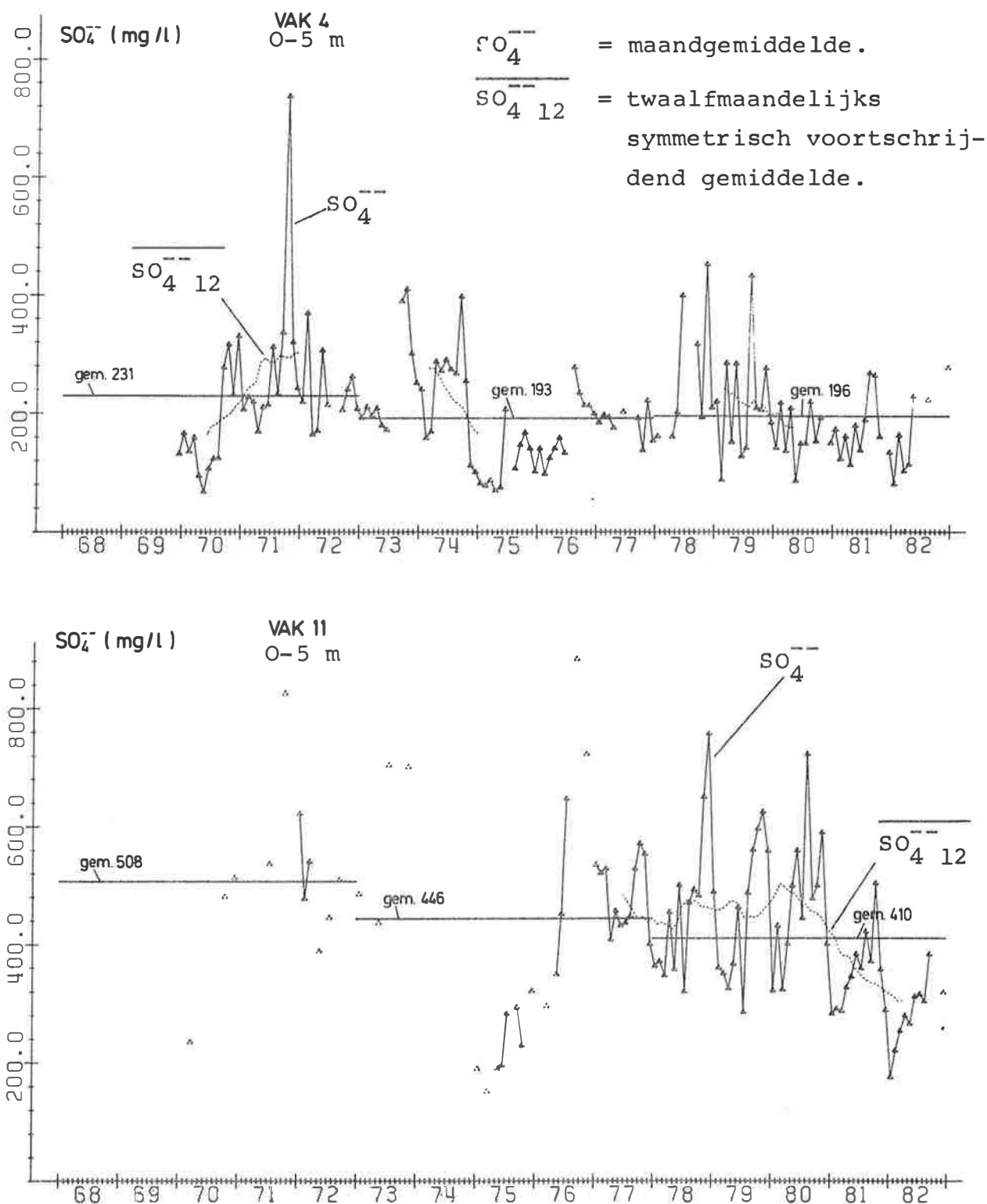
Er is een stijging van de geleidbaarheid met toenemend diepte-interval. De grootste stijging komt voor in het derde diepte-interval.

In de periode 11/80-2/83 is de gemiddelde geleidbaarheid vanaf vak 4 tot vak 11 in het eerste, tweede en derde diepte-interval respectievelijk 4059, 4392 en 5779  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . De dalende geleidbaarheid met toenemend debiet is gelijklopend met de daling van het chloridegehalte.

In de wateraanvoerende waterlopen schommelt de geleidbaarheid rond 1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . De Moervaart en de Zuidlede zijn echter reeds verzilt.

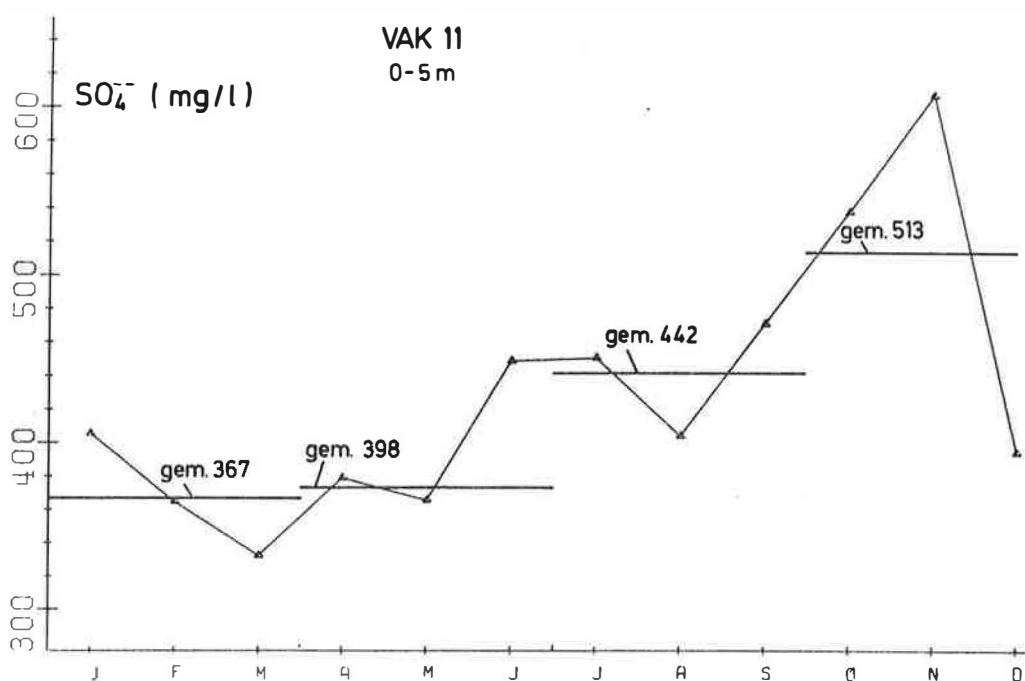
## 16. Sulfaten

### 16.1. Verloop in de tijd



Het verloop in de tijd voor vak 4 en voor vak 11 (diepte-interval 0-5 m) werd weergegeven in fig. 121. De gemiddelde concentraties in vak 4 zijn respectievelijk 231, 193 en 196 mg/l en 508, 446 en 410 mg/l in vak 11 in de perioden 1/68-12/72, 1/73-12/77 en 1/78-12/82. Het verloop is vrijwel indientiek aan dit van het chloridegehalte. Hieruit kan men afleiden dat het grootste deel van de sulfaten afkomstig is van het zeewater. Opmerkelijk zijn hier terug de lage concentraties eind 1974 en de piekconcentraties in de zomer van 1976. Sinds 1980 is er een dalende trend die aanhoudt tot in 1982.

#### 16.2. Gemiddelde per maand



**Fig. 122** : Gemiddeld sulfaatgehalte per maand in het kanaal (12/68-12/82).

In fig. 122 zijn de gemiddelden per maand uitgezet voor de periode 12/68-12/82 en voor het diepte-interval 0-5 m. Uit deze grafiek kan men een duidelijke jaarcyclus waarnemen die hetzelfde verloop heeft als deze van geleidbaarheid. Alhoewel het verloop minder vloeiend is als dit van geleidbaarheid is het toch

duidelijk dat de laagste concentratie voorkomt in maart en de hoogste in november. De gemiddelden per kwartaal zijn 367, 398, 442 en 513 mg/l voor het eerste, tweede, derde en vierde kwartaal.

### 16.3. Verloop in de afstand

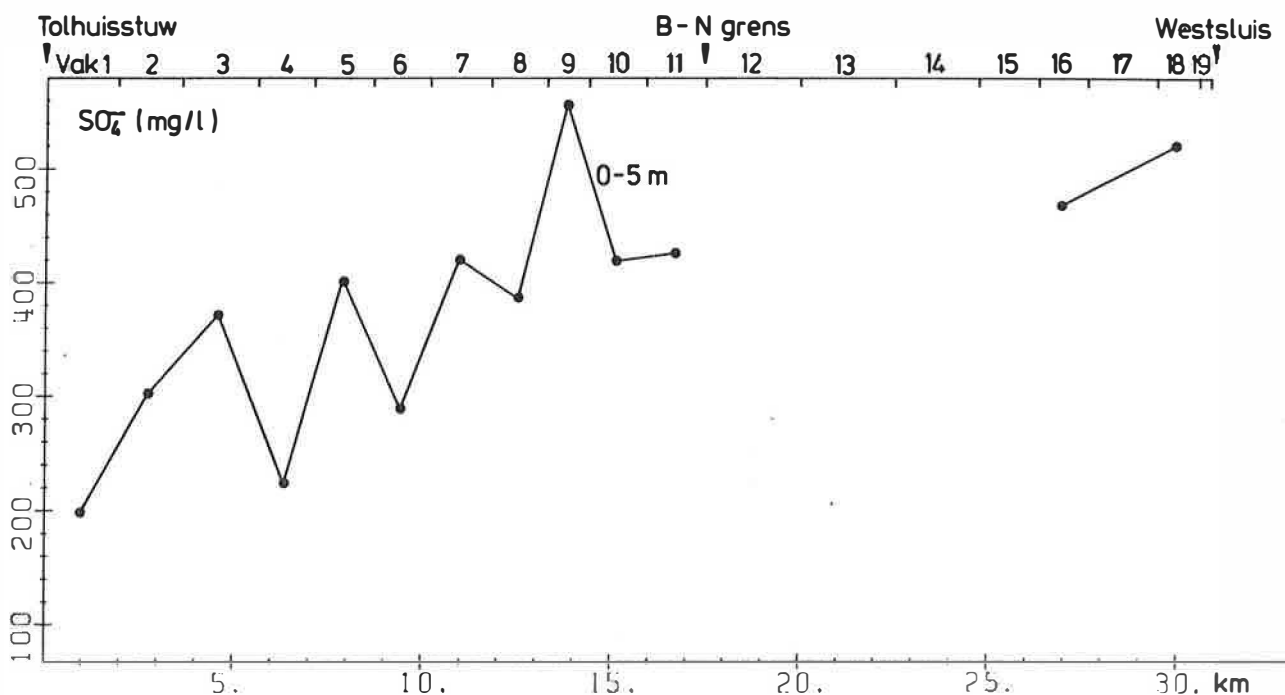


Fig. 123 : Verloop van het sulfaatgehalte in de afstand in het kanaal (12/68-12/82).

In fig. 123 is het verloop in de afstand uitgezet voor de periode 12/68-12/82 en voor het diepte-interval 0-5 m. Alhoewel de grafiek gesteund is op 1165 waarnemingen wordt er geen vloeiende lijn verkregen. Dit kan te wijten zijn aan het verschil in bemonsteringsperiode van de verschillende vakken. Het verloop stemt in grote lijnen overeen met dit van geleidbaarheid. Opvallend is de piekkoncentratie in vak 9. Aan de Tolhuisstuw en aan de Belgisch-Nederlandse grens is de sulfaatconcentratie respectievelijk 198 en 426 mg/l.



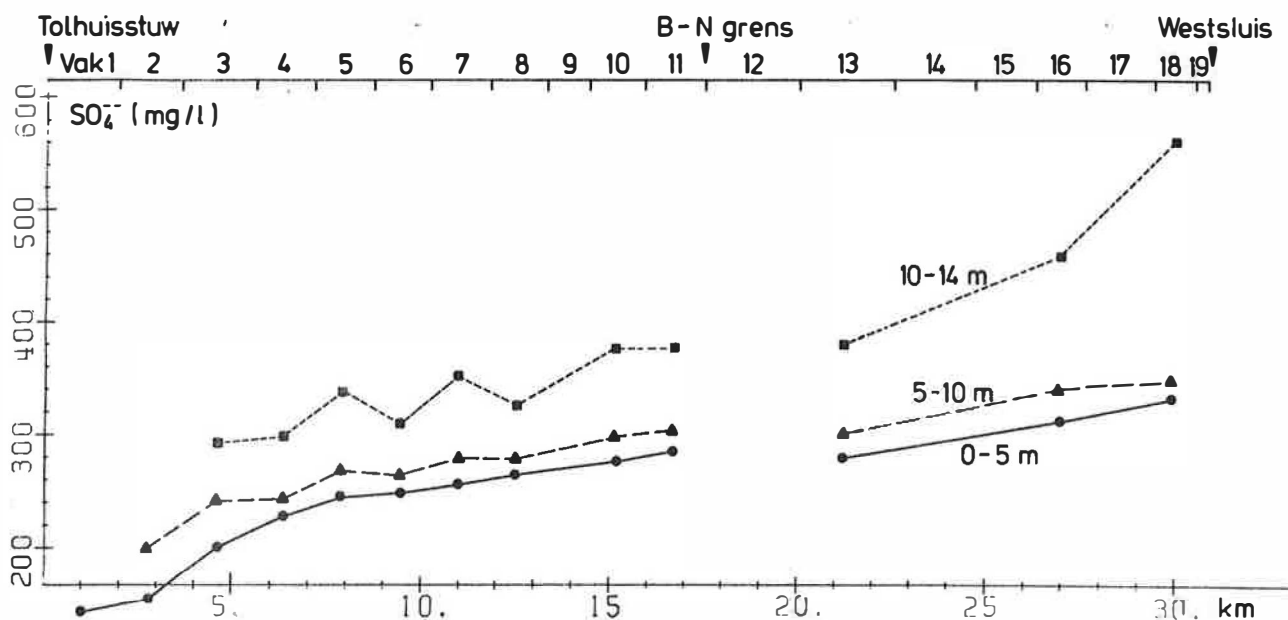


Fig. 124 : Verloop van het sulfaatgehalte in de afstand in het kanaal (11/80-2/83).

Het sulfaatgehalte in de 3 diepte-intervallen werd uitgezet in fig. 124 voor de periode 11/80-2/83. In het diepte-interval 0-5 m stijgt het sulfaatgehalte van 142 mg/l aan de Tolhuisstuw tot 282 mg/l aan de Belgisch-Nederlandse grens. Daar de meetpunten op Nederlands grondgebied tijdens bepaalde prospekties waar de verzilting groter was niet bemonsterd werden is er een lichte afbuiging tussen de Belgisch-Nederlandse grens en het eerste meetpunt in het Nederlands gedeelte. Alle punten van alle diepte-intervallen op Nederlands grondgebied zouden eigenlijk iets moeten opgetrokken worden. Het verloop in het tweede en derde diepte-interval is gelijkaardig aan dit in het eerste diepte-interval, doch telkens met een hogere concentratie. Stroomafwaarts wordt het verschil tussen de verschillende vakken wel iets groter.

#### 16.4. Korrelatie sulfaten-debiet

Voor de vergelijking  $y = 696,1 - 15,629 X$  is

$r^2$  0,282 (fig. 125). Zoals bij de geleidbaarheid is deze lage korrelatiegraad gedeeltelijk het gevolg van de afwijking van het debiet in vak 11 t.o.v.  $D_{Tolhuis}$ .

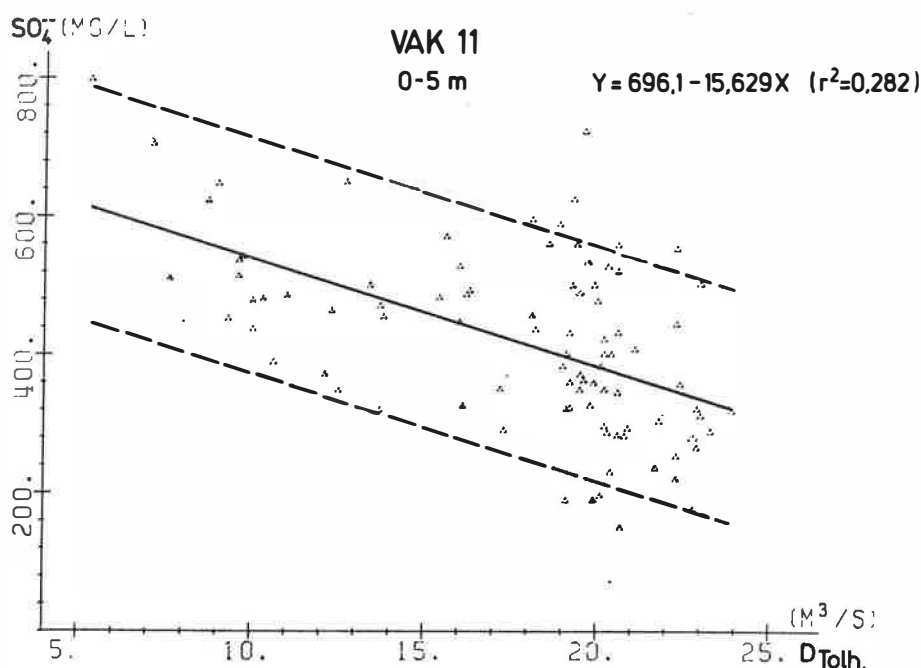


Fig. 125 : Korrelatie sulfaatgehalte- $D_{Tolhuis}$  (12/68-12/82).

De punten onder- en bovenaan de regressie-rechte kunnen grotendeels begrensd worden door een lijn die parallel loopt aan de rechte. Daar de sulfaatconcentratie voor een groot gedeelte bepaald wordt door het binnendringend zeewater zal de concentratieverlaging met toenemend debiet vooral het gevolg zijn van een grotere doorspoeling van het kanaal.

#### 16.5. Verloop in de diepte

Het sulfaatgehalte in de drie diepte-intervallen van de vakken (4,5) en (7,8,9,10,11) werd berekend voor de periode 11/80-2/83. In vak (4,5) is het sulfaatgehalte in het eerste, tweede en derde



diepte-interval 239, 274 en 334 mg/l en in het vak (7,8,9,10,11) 282, 309 en 379 mg/l. Het sulfaatgehalte neemt enerzijds toe met toenemende diepte en anderzijds in stroomafwaartse richting.

#### 16.6. Verloop in de tijd in de wateraanvoerende waterlopen

Er zijn praktisch geen gegevens bekend over de sulfaatkonzentraties in de wateraanvoerende waterlopen. In vak 1 van de Leie bedroeg de sulfaatkonzentratie in de periode 1/73-12/77 gemiddeld 147 mg/l.

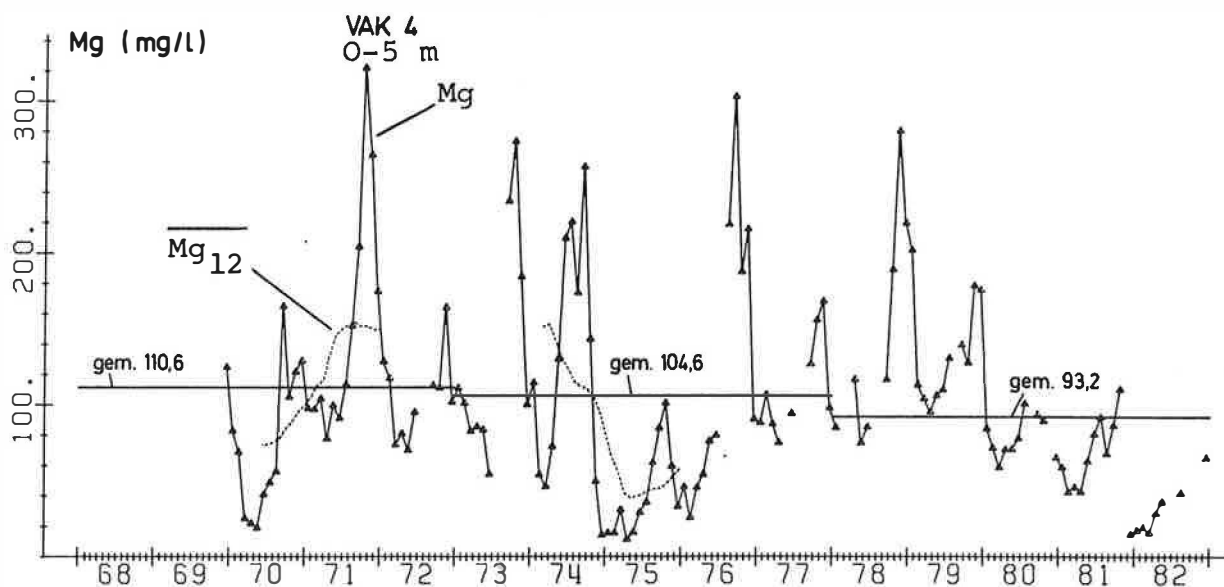
#### 16.7. Besluit

Het verloop in de tijd is vrijwel identiek aan dit van chloride. Een groot gedeelte van de sulfaten zijn immers afkomstig van het binnendringend zeewater. In het diepte-interval 0-5 m van vak 11 is de sulfaatkonzentratie in de periode 1/68-12/72, 1/73-12/77 en 1/78-12/82 respectievelijk 508, 446 en 410 mg/l. Vooral sinds 1980 is er een sterke daling van het sulfaatgehalte. Het sulfaatgehalte heeft dezelfde jaarcyclus als de geleidbaarheid. De laagste concentraties komen voor in het eerste en de hoogste in het vierde kwartaal. Het sulfaatgehalte neemt stroomafwaarts toe en ook met toenemende diepte. In het diepte-interval 0-5 m is het sulfaatgehalte 198 mg/l aan de Tolhuisstuw en 426 mg/l aan de Belgisch-Nederlandse grens. Het sulfaatgehalte neemt af met toenemend debiet. In de periode 11/80-2/83 is het gemiddeld sulfaatgehalte in het eerste, tweede en derde diepte-interval van vak 4 tot vak 11 respectievelijk 260, 291 en 356 mg/l.

## 17. Magnesium

### 17.1. Verloop in de tijd

Het magnesiumgehalte in het diepte-interval 0-5 m van vak 4 werd uitgezet in verloop van de tijd in fig. 126.



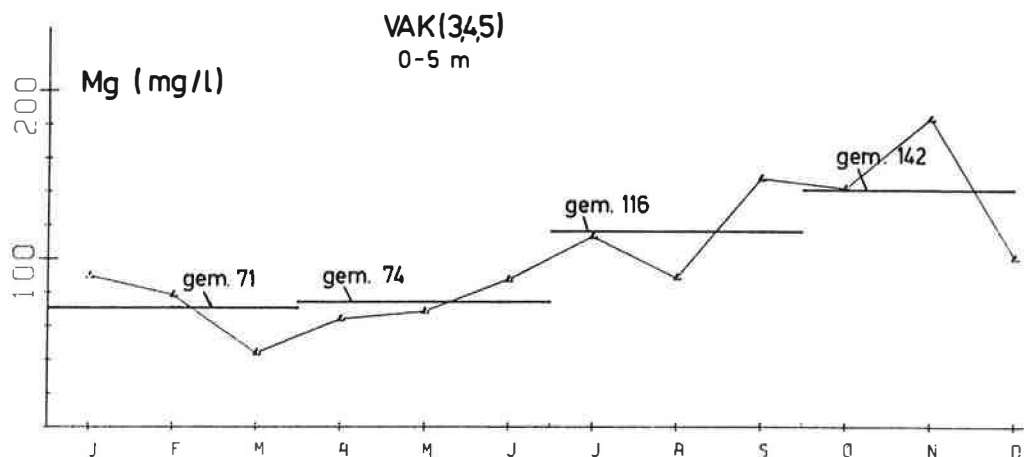
**Fig. 126** : Verloop van het magnesiumgehalte in de tijd in het kanaal.

Mg = maandgemiddelde.

$Mg_{12}$  = twaalfmaandelijks symmetrisch voortschrijdend gemiddelde.

Het verloop is vrijwel identiek aan dit van het chloridegehalte (zie fig. 37). We bemerken terug de lage concentraties in het najaar van 1974 en begin 1975 en de hoge concentraties in de zomer van 1976. De concentraties dalen van 1978 tot 1982. In de perioden 1/68-12/72, 1/73-12/77 en 1/78-12/82 bedraagt het magnesiumgehalte respectievelijk 111, 105 en 93 mg/l. Er is tevens een duidelijke jaarcyclus.

### 17.2. Gemiddelde per maand



**Fig. 127** : Gemiddeld magnesiumgehalte per maand in het kanaal (12/68-12/82).

Het gemiddelde per maand in het diepte-interval 0-5 m van vak (3,4,5) werd uitgezet in fig. 127 voor de periode 12/68-12/82. De jaarcyclus heeft hetzelfde verloop als deze van geleidbaarheid. Hieruit blijkt dat het magnesiumgehalte vooral bepaald wordt door het binnenkomend zeewater. De laagste concentraties komen voor in maart en de hoogste in november. In het eerste, tweede, derde en vierde kwartaal bedraagt het gemiddelde 71, 74, 116 en 142 mg/l.

### 17.3. Verloop in de afstand

In het diepte-interval 0-5 m stijgt het magnesiumgehalte in de periode 12/68-12/82 van 43 mg/l aan de Tolhuisstuw tot 133 mg/l aan de Belgisch-Nederlandse grens (fig. 128). Opmerkelijk is terug de piekkoncentratie in vak 9. Er zijn onvoldoende gegevens bekend over het Nederlands kanaalgedeelte om de grafiek na de grens verder te tekenen.

Voor de periode 11/80-2/83 werd het magnesiumgehalte per diepte-interval uitgezet in fig. 129. In het diepte-interval 0-5 m stijgt het magnesium-

gehalte van 15 mg/l aan de Tolhuisstuw tot 69 mg/l aan de Belgisch-Nederlandse grens. In het Nederlands kanaalgedeelte is er een verdere toename. Voor de afbuiging tussen de Belgisch-Nederlandse grens en het eerste punt in het Nederlands kanaalgedeelte verwijzen we naar de verklaring bij sulfaten. De concentraties stijgen met toenemend diepte-interval doch het verloop is gelijkaardig aan dit van het eerste diepte-interval. Wel wordt het verschil tussen de diepte-intervallen stroomafwaarts groter zoals bij de sulfaatconcentraties.

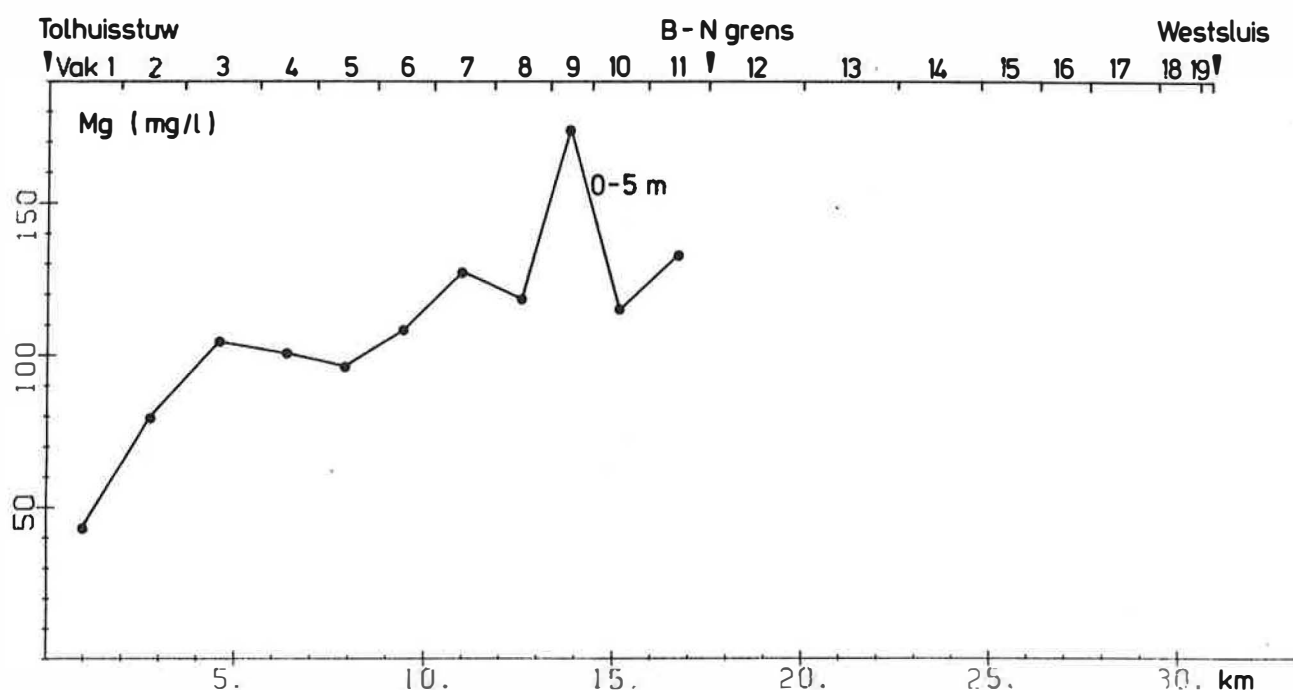


Fig. 128 : Verloop van het magnesiumgehalte in de afstand in het kanaal (12/68-12/82).

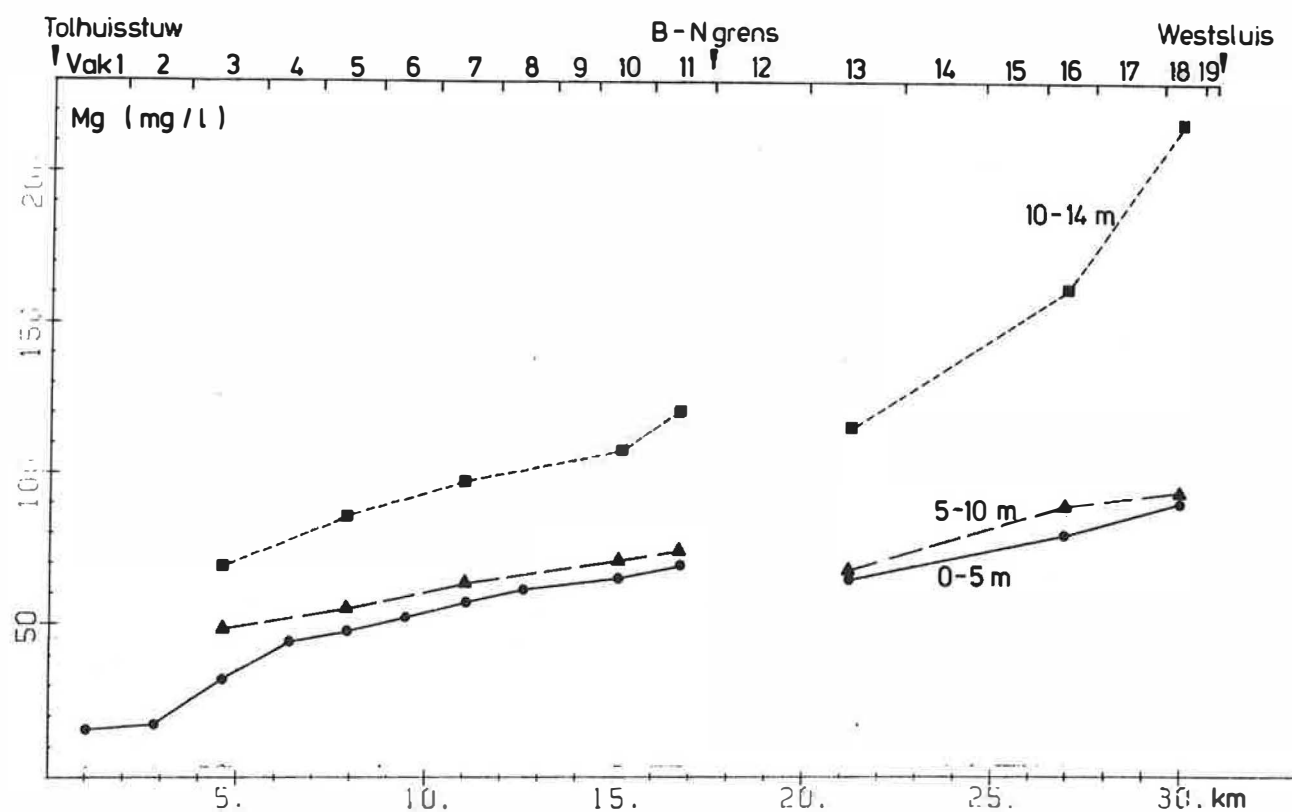


Fig. 129 : Verloop van het magnesiumgehalte in de afstand in het kanaal (11/80-2/83).

#### 17.4. Korrelatie magnesium-debiet

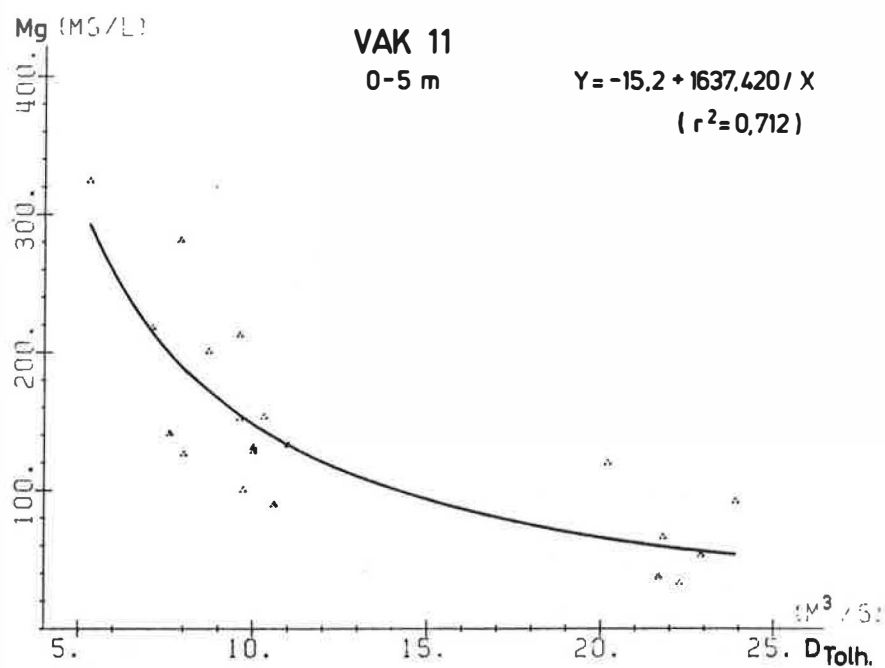


Fig. 130 : Korrelatie magnesiumgehalte- $D_{Tolhuis}$  (12/68-12/82).

De best passende kurve voor magnesium is  
 $y = -15,243 + \frac{1637,42}{x} \quad (r^2 = 0,712)$  (fig. 130).  
 Er zijn echter veel minder waarnemingen voor magnesium dan voor de andere parameters. De afname van het magnesiumgehalte met toenemend debiet is hier ook vooral het gevolg van een grotere doorspoeling van het kanaal.

#### 17.5. Verloop in de diepte

Het magnesiumgehalte in de drie diepte-intervallen van de vakken (4,5) en (7,8,9,10,11) werd berekend voor de periode 11/80-2/83. In vak (4,5) bedraagt het magnesiumgehalte 45,0; 55,1 en 85,8 mg/l en in vak (7,8,9,10,11) 63,8; 69,2 en 109 mg/l in het eerste, tweede en derde diepte-interval. Er is dus een concentratietoename in stroomafwaartse richting en met toenemende diepte.

#### 17.6. Besluit

Het verloop in de tijd is gelijklopend met dit van chloride. Per periode van 5 jaar is er een daling van 111 naar 93 mg/l in de tijdsspanne 1/68-12/82. Er is eenzelfde jaarcyclus als voor chloride met de laagste concentraties in het eerste en de hoogste concentraties in het vierde kwartaal.

In verloop van de afstand neemt het magnesiumgehalte in het diepte-interval 0-5 m toe van 43 mg/l aan de Tolhuisstuw tot 133 mg/l aan de Belgisch-Nederlandse grens. Het magnesiumgehalte stijgt met toenemend diepte-interval en daalt met toenemend debiet.

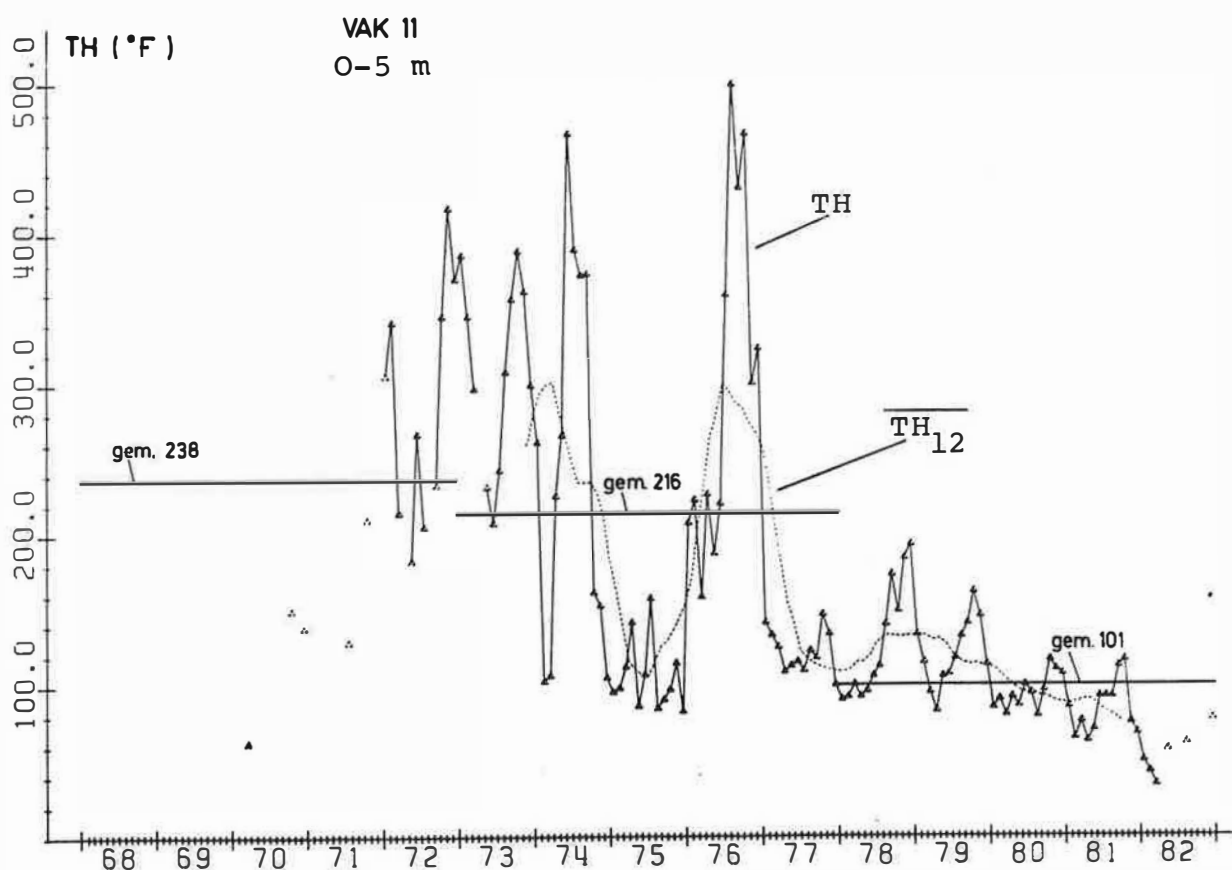
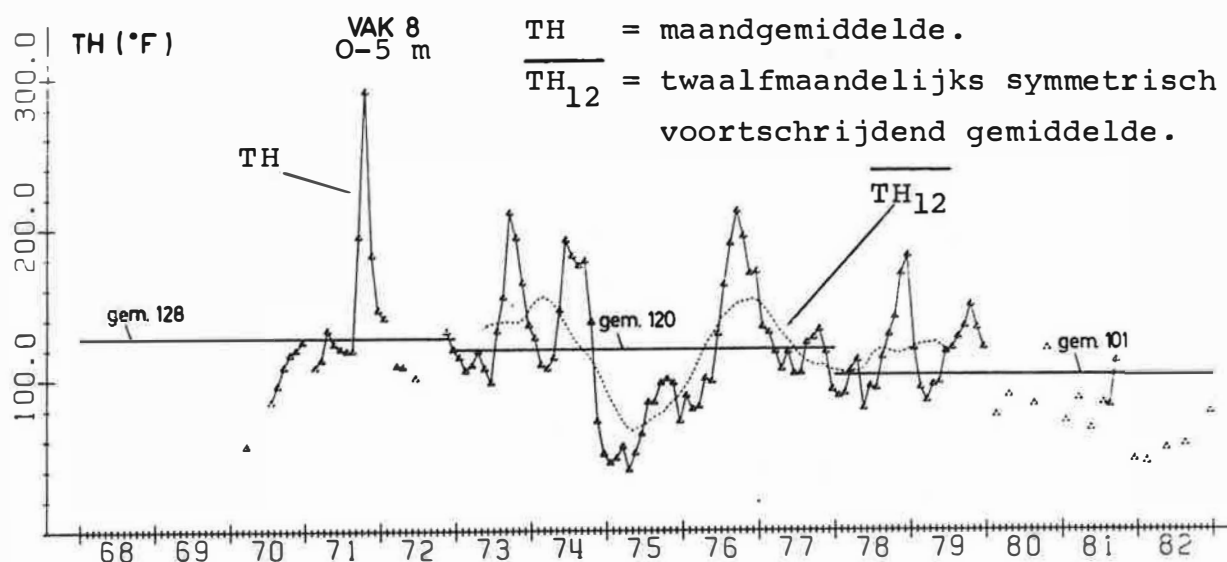
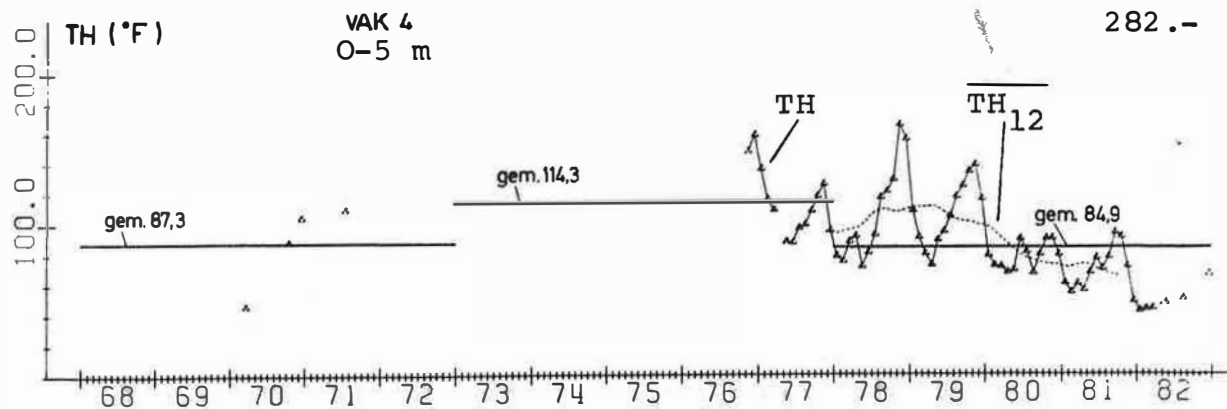
## 18. Totale hardheid

### 18.1. Verloop in de tijd

Het verloop in de tijd van de totale hardheid is hetzelfde als dit van magnesium en geleidbaarheid. De evolutie van de totale hardheid is vooral te wijten aan het magnesiumgehalte dat op zijn beurt afhankelijk is van de verzilting van het kanaal. Het verloop in de tijd van de totale hardheid werd uitgezet in fig. 131 voor het diepte-interval 0-5 m van vak 4, 8 en 11. De gemiddelde totale hardheid per periode van 5 jaar is 128, 120 en 101 °F in vak 8 en 238, 216 en 101 °F in vak 11. Uit de grafieken nemen we, zoals voor de geleidbaarheid, sulfaten en magnesium, een jaarcyclus waar. Opmerkelijk is terug de sterke daling van de totale hardheid op het einde van 1974 en de piekkoncentraties in 1976. Vanaf 1979 tot 1982 is er een daling van de totale hardheid.

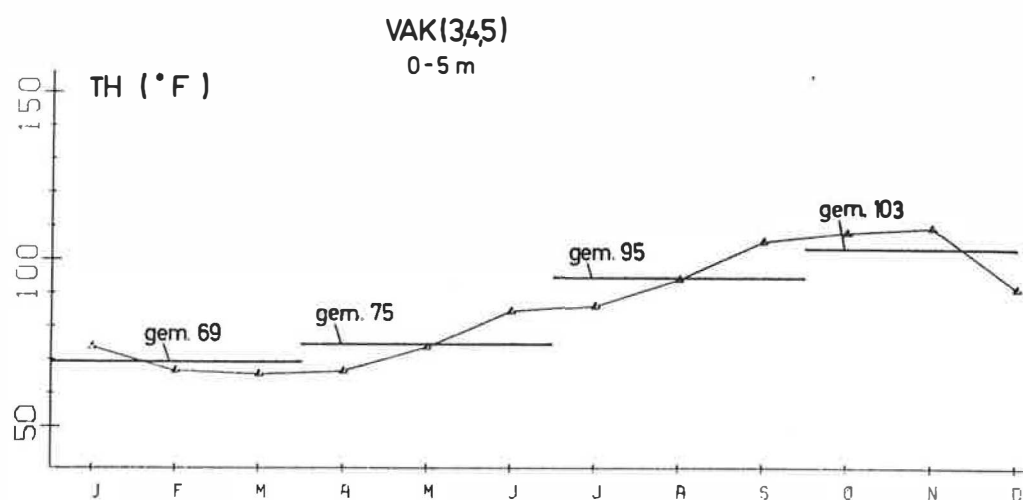
### 18.2. Gemiddelde per maand

Het gemiddelde per maand in de periode 12/68-12/82 in het diepte-interval 0-5 m van vak (3,4,5) werd uitgezet in fig. 132. Het gemiddelde per kwartaal is 69, 75, 95 en 103 °F in het eerste, tweede, derde en vierde kwartaal. De jaarcyclus heeft hetzelfde verloop als deze van geleidbaarheid en magnesium. De laagste totale hardheid komt voor in maart en de hoogste in november. Het procentueel verschil tussen de hoogste en de laagste totale hardheid is kleiner dan dit voor magnesium. Dit is te verklaren door het feit dat er naast magnesium ook calcium verwerkt is in de totale hardheid en dat het calciumgehalte veel minder beïnvloed wordt door de verzilting.



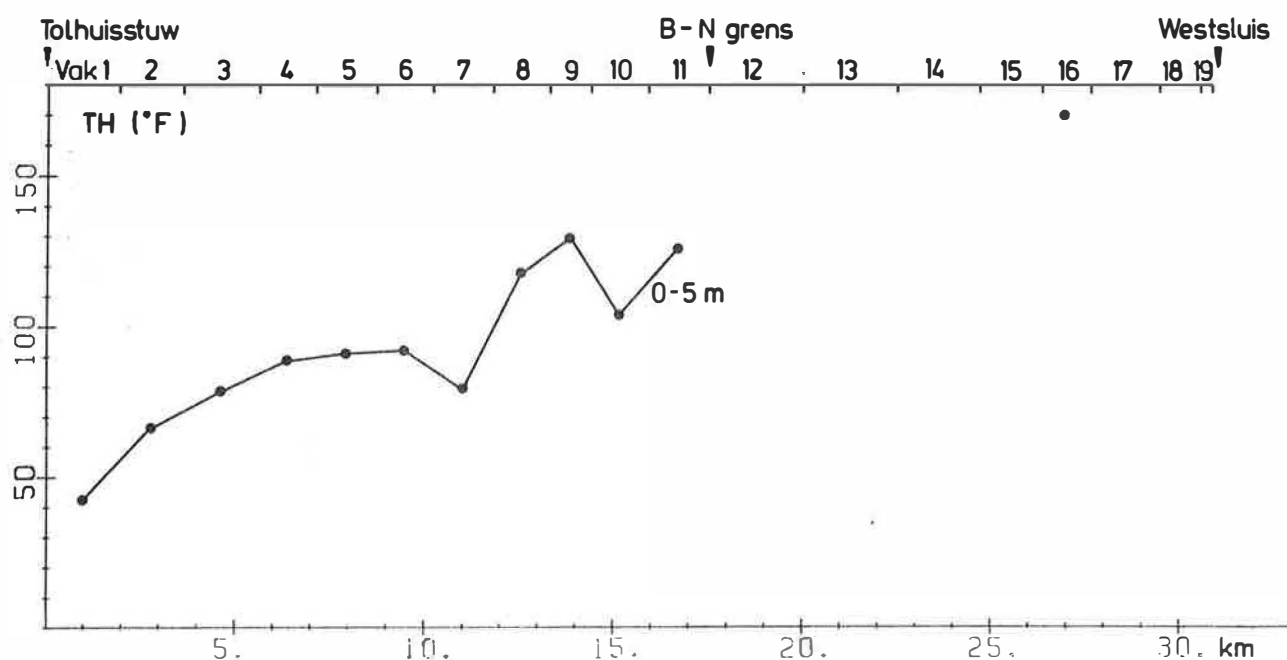
**Fig. 131** : Verloop van de totale hardheid in de tijd  
in het kanaal.





**Fig. 132** : Gemiddelde totale hardheid per maand in het kanaal (12/68-12/82).

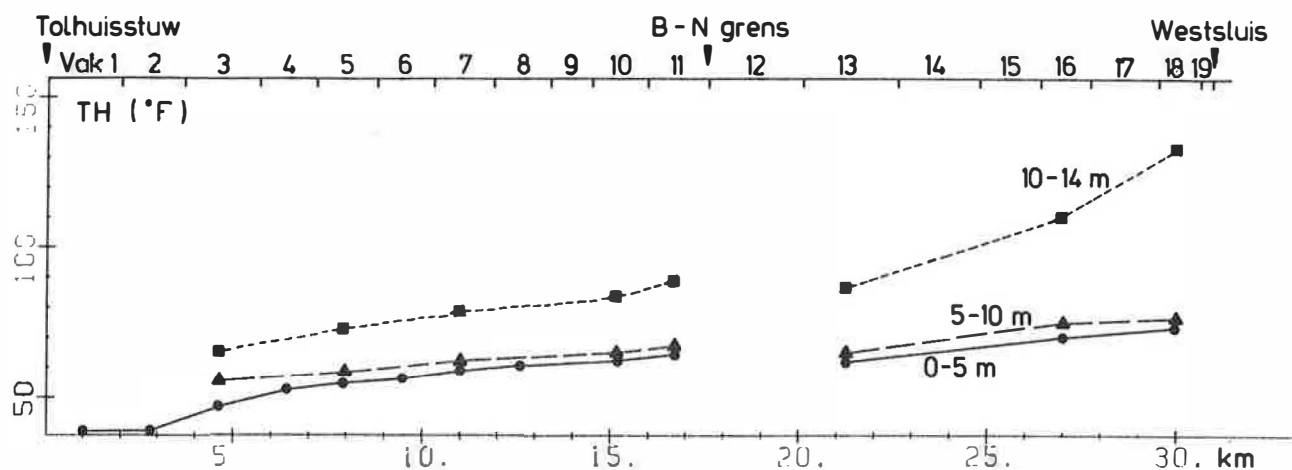
### 18.3. Verloop in de afstand



**Fig. 133** : Verloop van de totale hardheid in de afstand in het kanaal (12/68-12/82).

In de periode 12/68-12/82 neemt de totale hardheid in het diepte-interval 0-5 m in stroomafwaartse richting toe van 42,2 °F aan de Tolhuisstuw tot 126 °F aan de Belgisch-Nederlandse grens

(fig. 133). Voor het Nederlands kanaalgedeelte zijn er onvoldoende gegevens om de grafiek verder te tekenen.



**Fig. 134** : Verloop van de totale hardheid in de afstand in het kanaal (11/80-2/83).

De totale hardheid werd uitgezet per diepte-interval voor de periode 11/80-2/83 (fig. 134). In stroomafwaartse richting stijgt de concentratie van 39 °F aan de Tolhuisstuw tot 64,8 °F aan de Belgisch-Nederlandse grens. In het Nederlands kanaalgedeelte is er een verdere stijging. Voor de afbuiging tussen de Belgisch-Nederlandse grens en het eerste meetpunt op Nederlands grondgebied verwijzen we naar de verklaring bij de sulfaten. Per diepte-interval wordt de totale hardheid groter, doch het verloop heeft dezelfde trend als deze voor het diepte-interval 0-5 m. Het verschil tussen het tweede en derde diepte-interval wordt stroomafwaarts groter.

#### 18.4. Korrelatie totale hardheid-debiet

Het verband werd berekend voor de periode 12/68-12/82 en voor het diepte-interval 0-5 m. De regressierechte heeft de vergelijking  $y = 323,4 - 10,524 X$

$r^2 = 0,466$  (fig. 135). De totale hardheid wordt voor een groot gedeelte bepaald door de hoeveelheid binnendringend zeewater zodat de doorspoeling van het kanaal een belangrijke faktor is voor de verlaging van de totale hardheid bij toenemend debiet. Anderzijds kan de variatie van de totale hardheid van de wateraanvoerende waterlopen eveneens een rol spelen.

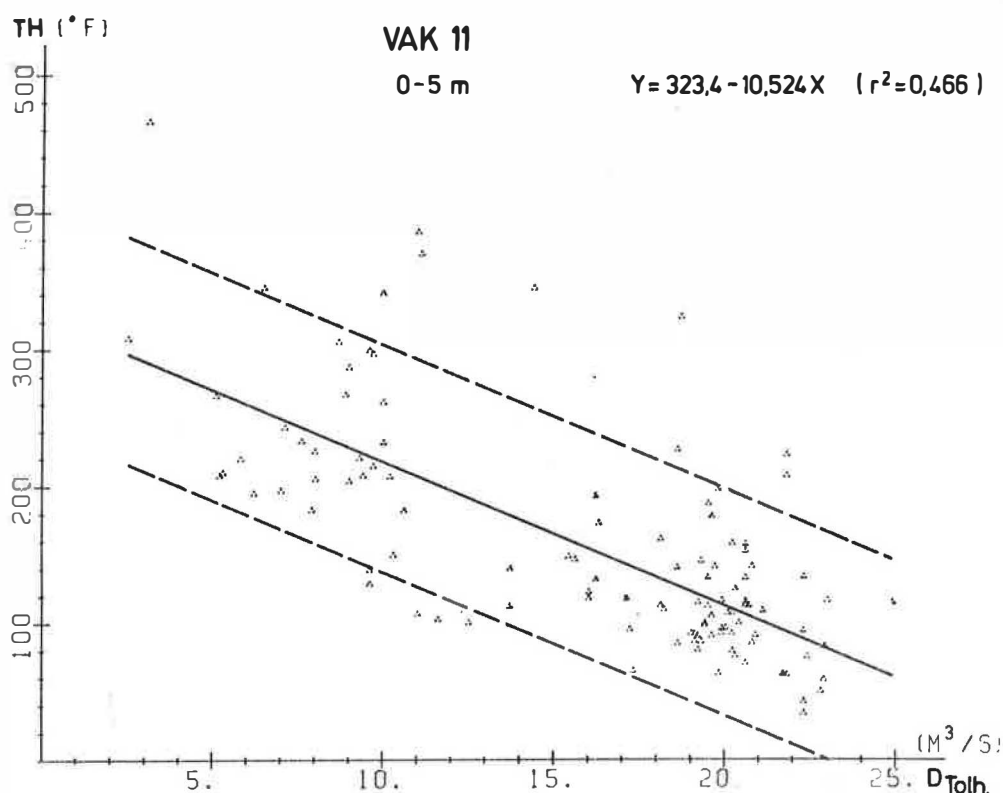


Fig. 135 : Korrelatie totale hardheid- $D_{Tolhuis}$  (12/68-12/82).

#### 18.5. Verloop in de diepte

In de periode 11/80-2/83 is de totale hardheid in het eerste, tweede en derde diepte-interval van vak (4,5) 53,6; 58,5 en 73 °F en van vak (7,8,9,10,11) 62,4; 64,8 en 108,8 °F. De totale hardheid neemt stroomafwaarts toe en het verschil per diepte-interval wordt stroomafwaarts groter.

#### 18.6. Verloop in de tijd in de wateraanvoerende waterlopen

Er zijn weinig gegevens over de totale hardheid in de wateraanvoerende waterlopen. In de periode 1/73-12/77 was de totale hardheid in de Bovenschelde gemiddeld 37,9 °F en in de Leie 37,7 °F. In de periode 1/78-12/82 bedroeg de totale hardheid in de Bovenschelde 38,1 °F.

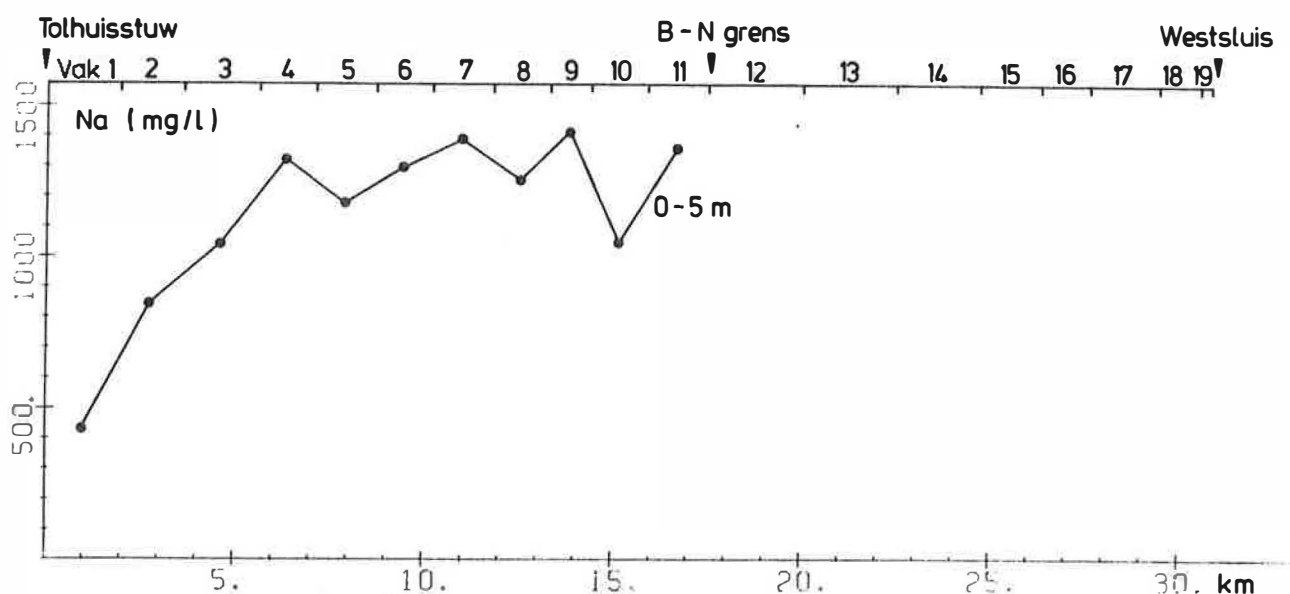
#### 18.7. Besluit

De totale hardheid heeft hetzelfde tijdsverloop als magnesium en geleidbaarheid. De evolutie van de totale hardheid is vooral te wijten aan het magnesiumgehalte. Per periode van 5 jaar is er een daling van de totale hardheid. In de periode 1/68-12/72, 1/73-12/77 en 1/78-12/82 is de totale hardheid in het diepte-interval 0-5 m van vak 11 respectievelijk 238, 216 en 101 °F.

De totale hardheid heeft dezelfde jaarcyclus als magnesium en geleidbaarheid met de laagste concentraties in het eerste en de hoogste concentraties in het vierde kwartaal. In stroomopwaartse richting is er een toename van de totale hardheid. Voor de periode 12/68-12/82 en het diepte-interval 0-5 m is de totale hardheid aan de Tolhuisstuw 42 °F en aan de Belgisch-Nederlandse grens 126 °F. De totale hardheid stijgt met toenemende diepte en neemt af met toenemend debiet.

## 19. Natrium

Er zijn veel minder gegevens over natrium. Uit de vergelijking van chloride met natrium blijkt dat er een zeer goede korrelatie bestaat tussen beide ( $r^2 = 0,97$ ). Het natrium is dus praktisch volledig afkomstig van het zee-water. Voor het verloop in de tijd, de gemiddelden per maand, de korrelatie natrium-debiet en de concentraties per diepte-interval verwijzen we naar de besprekingen bij chloride. In fig. 136 wordt het verloop in de afstand weergegeven voor de periode 12/68-12/82. De concentratie aan de Tolhuisstuw is 433 en aan de Belgisch-Nederlandse grens 1353 mg/l.



**Fig. 136** : Verloop van het natriumgehalte in de afstand in het kanaal (12/68-12/82).

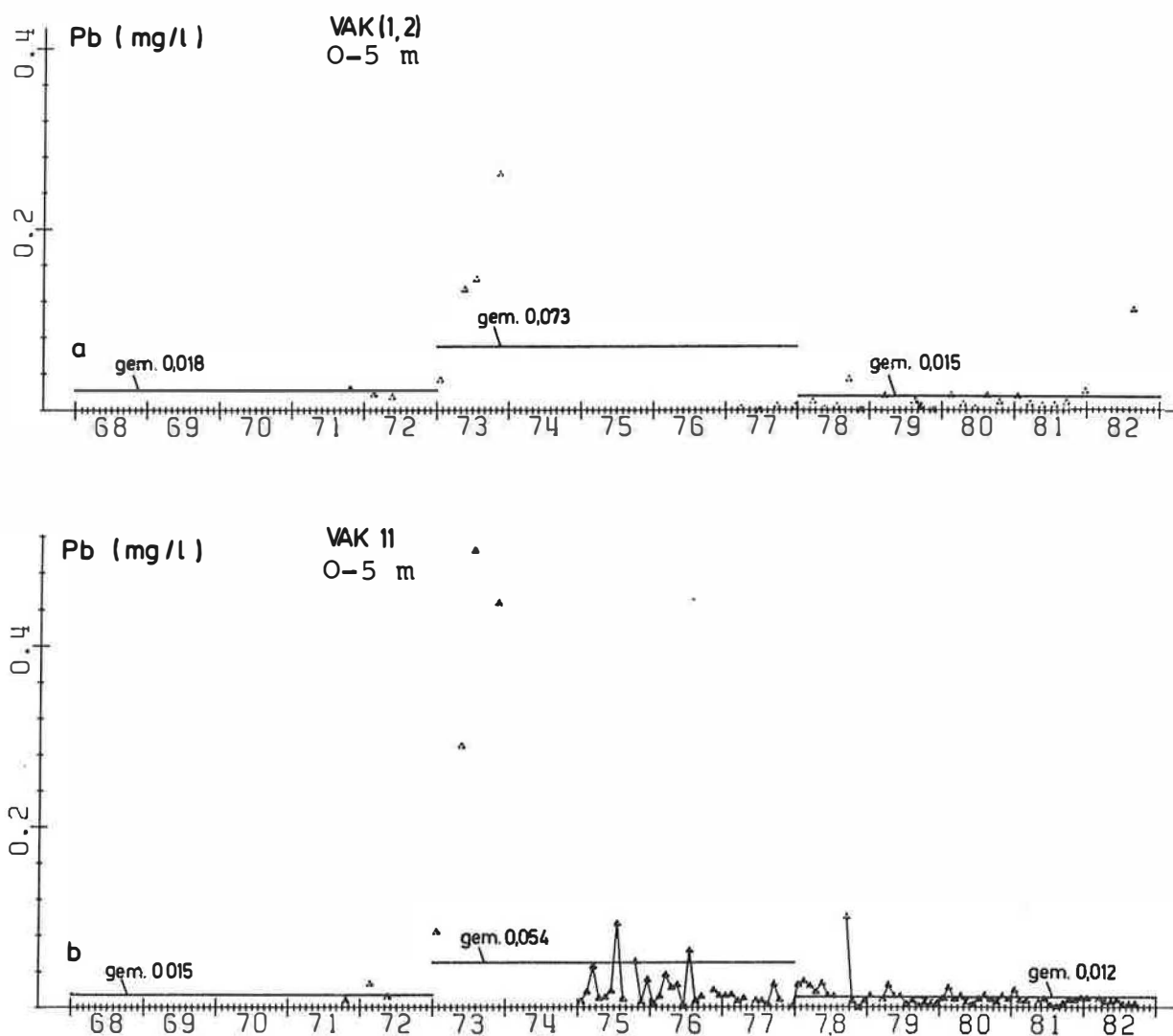
20. Lood20.1. Verloop in de tijd

Fig. 137 : Verloop van het loodgehalte in de tijd in het kanaal.

Het verloop in het diepte-interval 0-5 m van vak (1,2) en vak 11 werd uitgezet in fig. 137. De concentraties zijn over het algemeen kleiner dan 0,05 mg/l. Er komen echter piekconcentraties voor. De voornaamste komen voor in 1973. In vak 11 is de loodconcentratie 0,015 mg/l van 1/68 tot 12/72, 0,054 mg/l van 1/73 tot 12/77 en 0,012 mg/l van 1/78 tot 12/82.

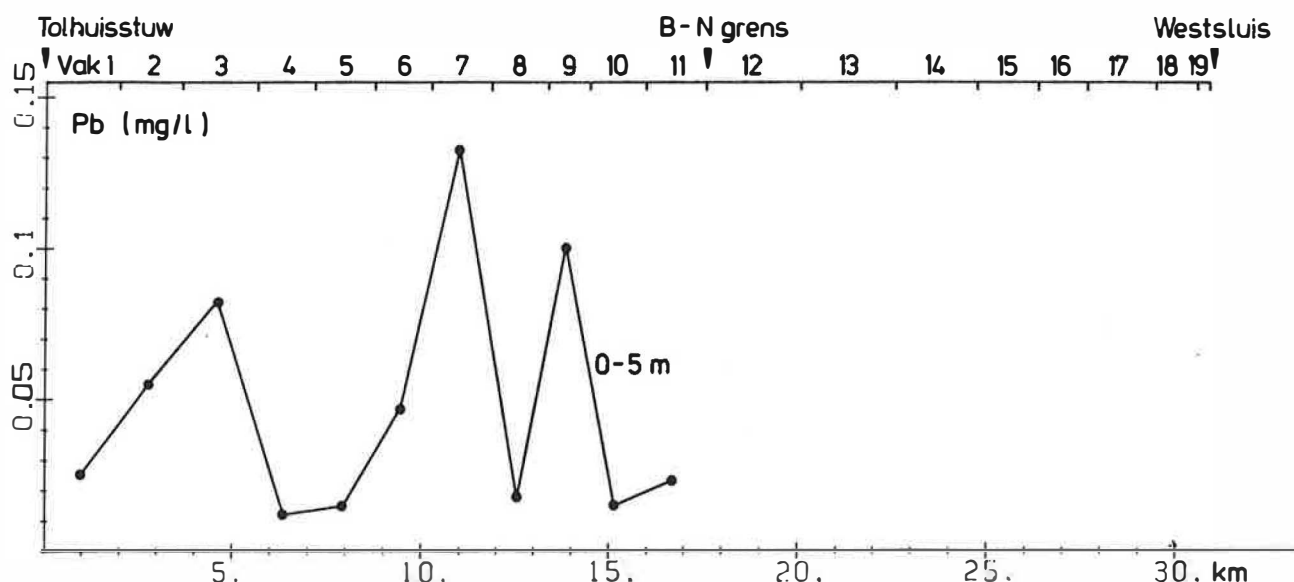
20.2. Verloop in de afstand

Fig. 138 : Verloop van het loodgehalte in de afstand in het kanaal (12/68-12/82).

Het verloop in de afstand in de periode 12/68-12/82 en in het diepte-interval 0-5 m werd uitgezet in fig. 138. Alhoewel de grafiek gesteund is op 445 waarnemingen moet het verloop toch met enige voorzichtigheid geïnterpreteerd worden. De gegevens zijn immers verzameld uit verschillende studies en de verschillende vakken werden over het algemeen ook op verschillende tijdstippen bemonsterd. Het kan nu gebeuren dat een bepaalde plaats meermaals bemonsterd werd tijdens een periode met hogere concentraties terwijl een andere plaats meermaals bemonsterd werd in een periode met lagere concentraties. Het valt echter op dat de loodconcentraties stijgen vanaf de Tolhuisstuw tot aan de Ringvaart. In vak 7 en in vak 9 komen er nog grote piekconcentraties voor. In het Nederlands kanaalgedeelte zijn er onvoldoende gegevens.

### 20.3. Besluit

In de tijdsspanne 12/68-12/82 ligt het gemiddeld loodgehalte per periode van 5 jaar tussen 0,012 en 0,073 mg/l. In verloop van de afstand komen er verschillende piekkoncentraties voor.



## 21. Verband tussen verschillende parameters

De korrelatie tussen verschillende parameters werd bepaald door telkens de best passende kurve en korrelatiekoëfficiënt tussen twee parameters te berekenen. Om de evolutie van de korrelatie in de afstand van het kanaal te bepalen werden de gegevens van verschillende vakken samengebracht en werd de berekening uitgevoerd voor de groepen vakken (1,2), (3,4,5), (6,7,8) en (9,10,11).

Er werd rekening gehouden met de gegevens van de periode 12/68-12/82. De maandgemiddelden van een parameter werden uitgezet t.o.v. de maandgemiddelden van een andere parameter. Bij de berekening werd de standaardafwijking  $\bar{X} \pm 2,58 s$  toegepast.

### 21.1. BOD-COD

In vak (1,2) werd een zeer zwakke korrelatie bekomen ( $r^2 = 0,182$ ) tussen deze parameters (fig. 139).

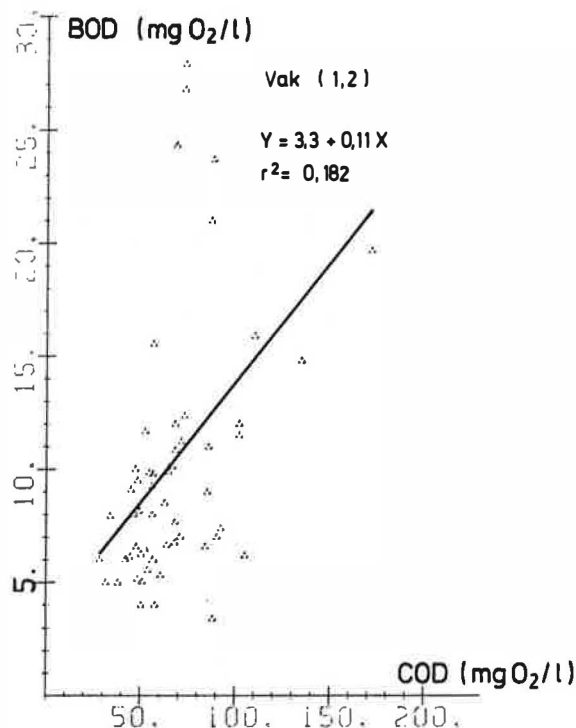
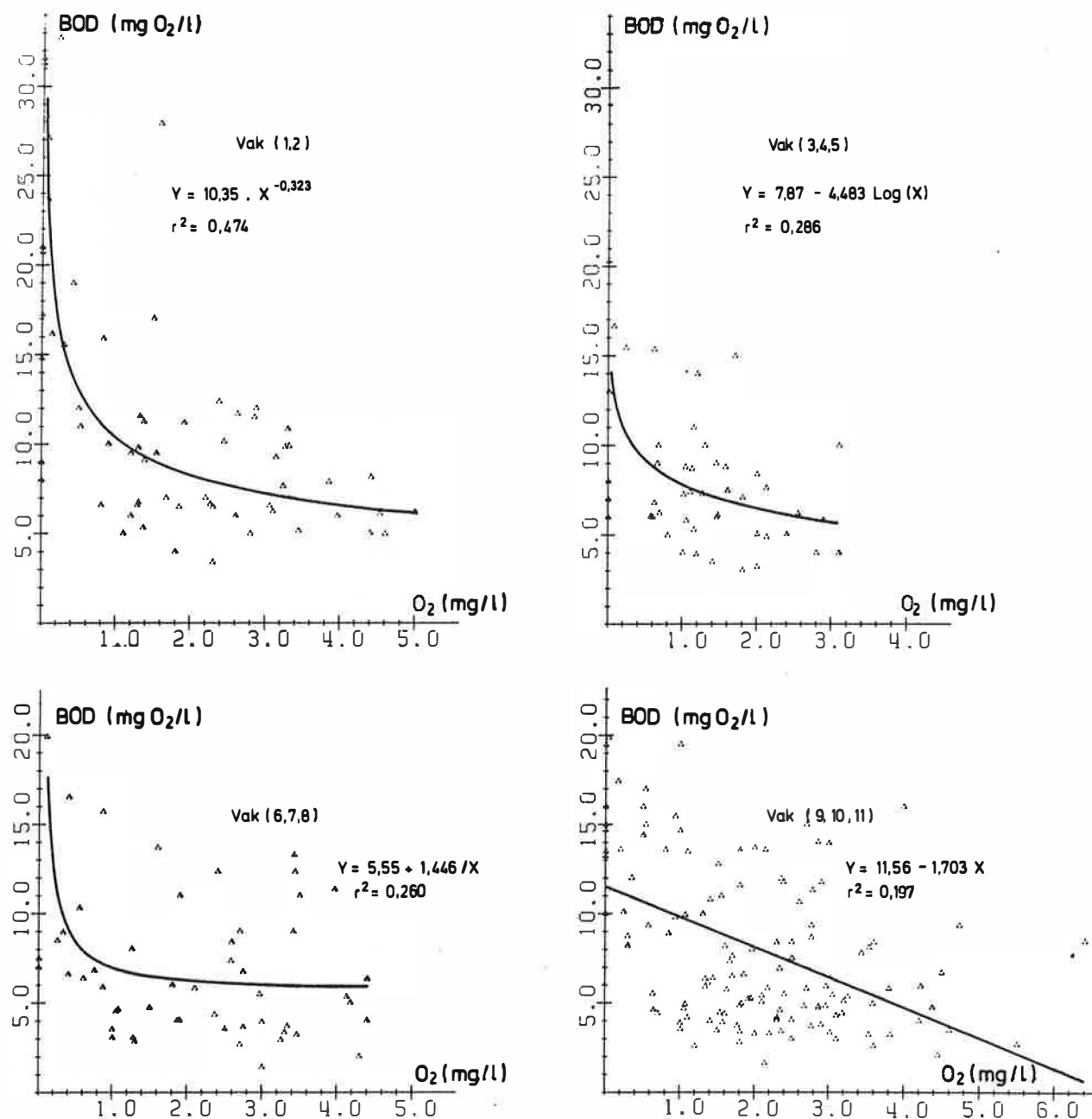


Fig. 139 : Korrelatie BOD-COD in het kanaal (12/68-12/82).

Bij een COD waarde tussen 50 en 150 is de verhouding COD-BOD tussen 5,8 en 7,8. De verhouding neemt toe naarmate de COD concentratie stijgt. In de vakken (3,4,5), (6,7,8) en (9,10,11) werd er geen korrelatie gevonden ( $r^2 = 0,02$  à  $0,08$ ).

## 21.2. BOD-opgeloste zuurstof



**Fig. 140** : Korrelatie BOD-opgeloste zuurstof in het kanaal (12/68-12/82).

De kurven die de beste vergelijking weergeven tussen deze parameters verschillen van vorm in de 4 vakken (fig. 140).

Vak	Vergelijking	$r^2$	Aantal waarnemingen
(1,2)	$y = 10,353 \cdot x^{-0,323}$	0,474	208
(3,4,5)	$y = 7,87 - 4,483 \log(X)$	0,286	128
(6,7,8)	$y = 5,55 + \frac{1,446}{x}$	0,260	132
(9,10,11)	$y = 11,56 - 1,703 X$	0,197	410

De korrelatie tussen het biochemisch zuurstofverbruik en de opgeloste zuurstof is laag. De daling van de BOD met toenemend zuurstofgehalte kan enerzijds te wijten zijn aan de zelfzuivering en anderzijds aan de aanvoer van zuurstofrijker en minder verontreinigd water in natte perioden.

### 21.3. $\text{NO}_3\text{-N} - \text{NH}_3\text{-N}$

De korrelatiegraad schommelt tussen 0,313 en 0,436 voor de verschillende vakken. De best passende kurve is steeds een rechte (fig. 141).

Vak	Vergelijking	$r^2$	Aantal waarnemingen
(1,2)	$y = 5,729 - 0,403 X$	0,401	224
(3,4,5)	$y = 5,694 - 0,414 X$	0,408	136
(6,7,8)	$y = 4,296 - 0,298 X$	0,313	143
(9,10,11)	$y = 4,619 - 0,270 X$	0,436	359

Bij een toename van de  $\text{NH}_3\text{-N}$  is er een sterke afname van  $\text{NO}_3\text{-N}$ . Dit is reeds duidelijk gebleken uit de grafieken van het tijdsverloop, de jaarcyclus en het verloop in de afstand. Voor een  $\text{NH}_3\text{-N}$  concentratie van 5 mg/l is de  $\text{NH}_3\text{-N} - \text{NO}_3\text{-N}$  verhouding over de verschillende vakken gemiddeld 1,51 (1,35 à 1,78). Voor een concentratie van 10 mg  $\text{NH}_3\text{-N}$  per liter is deze verhouding gemiddeld over de vakken reeds 6,26 (5,21 à 7,58). Bij een nog hogere  $\text{NH}_3\text{-N}$  concentratie stijgt de verhouding zeer snel. De  $\text{NH}_3\text{-N} - \text{NO}_3\text{-N}$  verhouding is het laagst in vak (1,2) en het grootst in vak (6,7,8).

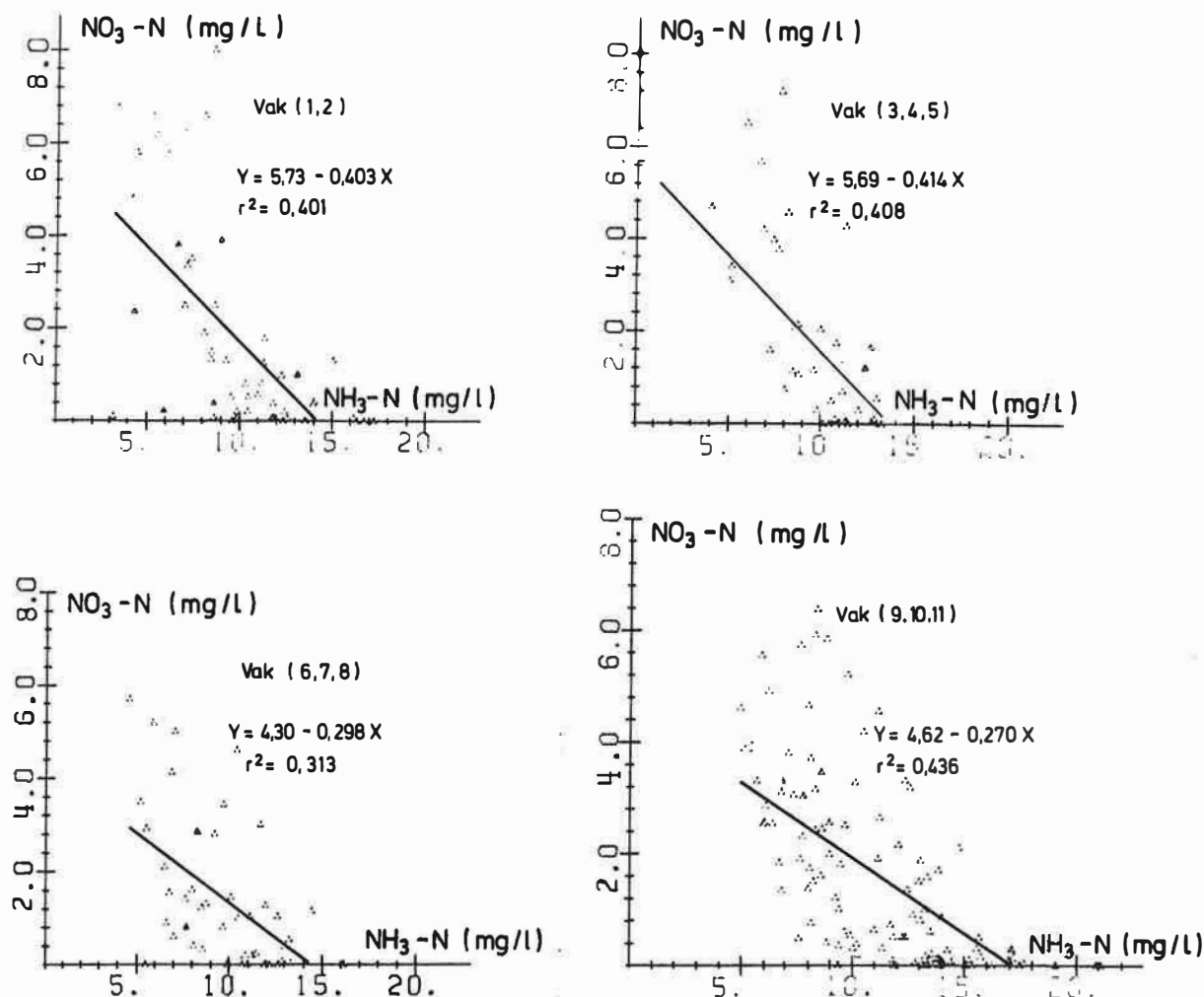


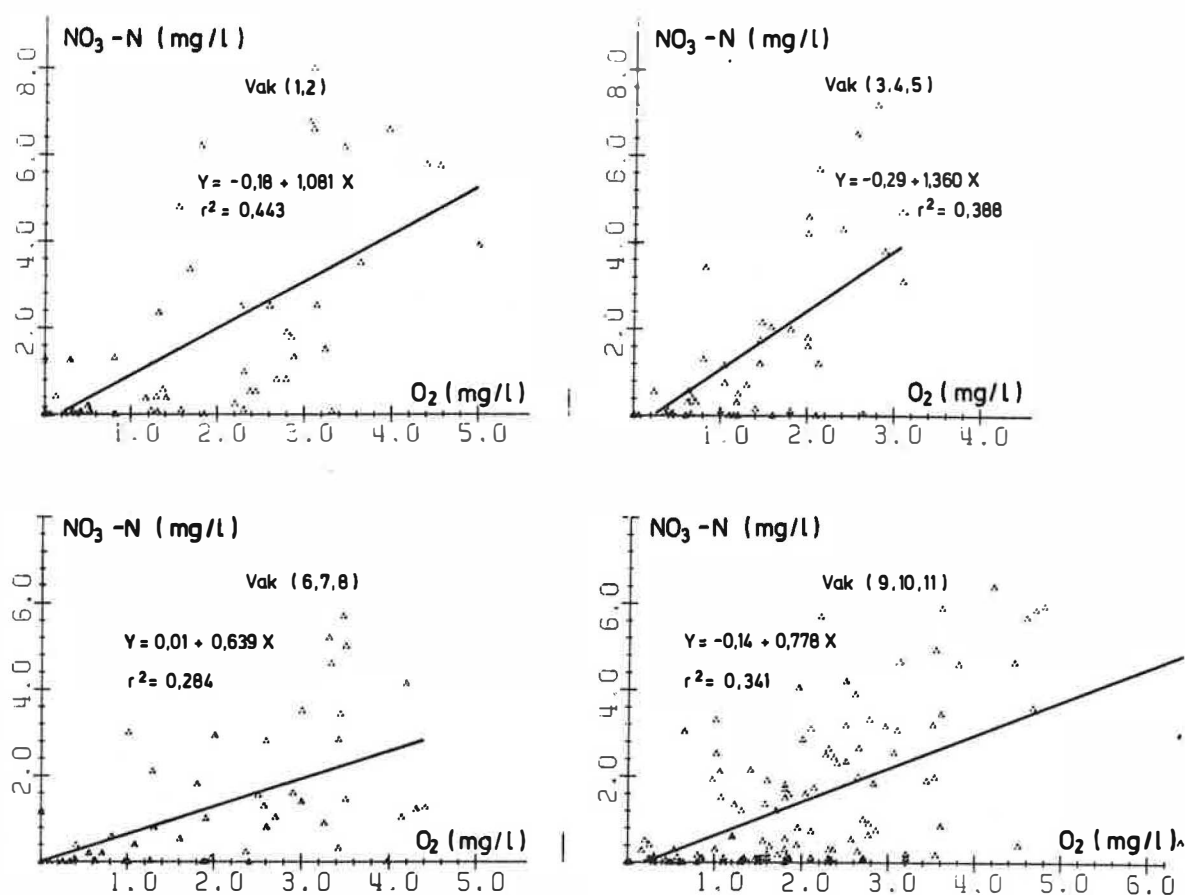
Fig. 141 :  $\text{NO}_3\text{-N}$  -  $\text{NH}_3\text{-N}$  in het kanaal (12/68-12/82).

#### 21.4. $\text{NO}_3\text{-N}$ - $\text{O}_2$

De korrelatiegraad daalt gemiddeld stroomafwaarts en ligt tussen 0,284 en 0,443. De best passende kurve is steeds een rechte (fig. 142).

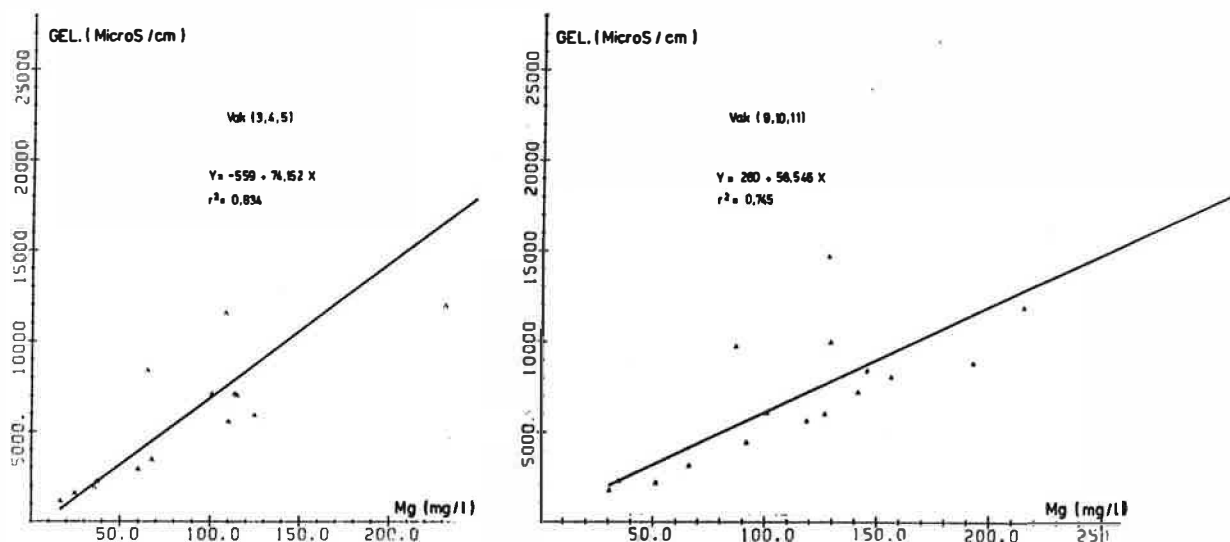
Vak	Vergelijking	$r^2$	Aantal waarnemingen
(1,2)	$y = -0,176 + 1,081 X$	0,443	222
(3,4,5)	$y = -0,288 + 1,360 X$	0,388	136
(6,7,8)	$y = 0,005 + 0,639 X$	0,284	143
(9,10,11)	$y = -0,142 + 0,778 X$	0,341	344

De kurven snijden de X-as aan gemiddeld 0,2 mg  $O_2$ /l. Dit betekent dat er bij een nog lagere zuurstofconcentratie geen nitraatvorming meer is. De verhouding  $NO_3-N - O_2$  is 1,02 voor vak (1,2), 1,21 voor vak (3,4,5), 0,64 voor vak (6,7,8) en 0,70 voor vak (9,10,11). Gezien de rechte praktisch door het nulpunt loopt verandert de verhouding weinig bij verschillende zuurstofconcentraties in een bepaald vak. De iets hogere verhouding in vak (3,4,5) kan te wijten zijn aan de sterke zuurstofdaling in vak 3 (zie fig. 74) en de tragere daling van nitraatstikstof. De lagere verhouding in vak (6,7,8) kan het gevolg zijn van een sterke zuurstoftoename in vak 6 en de tragere nitraatvorming.



**Fig. 142** : Korrelatie  $NO_3-N$ -opgeloste zuurstof in het kanaal (12/68-12/82).

### 21.5. Geleidbaarheid-magnesium



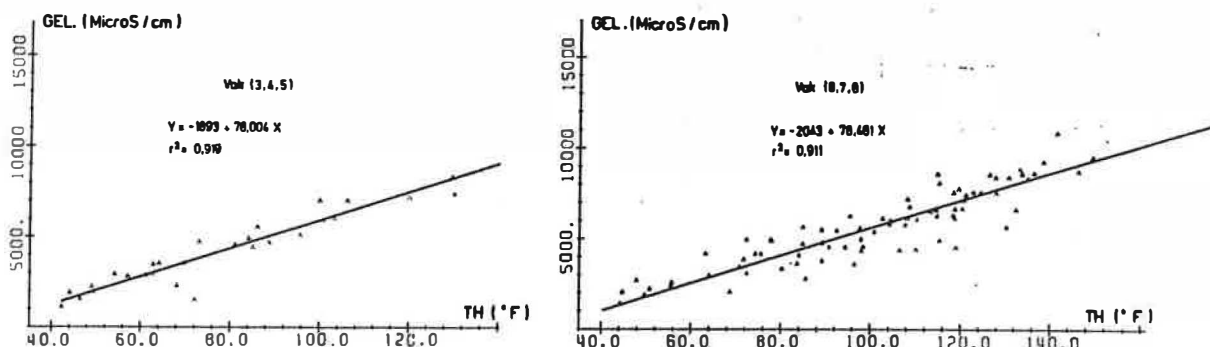
**Fig. 143** : Korrelatie geleidbaarheid-magnesium in het kanaal (12/68-12/82).

Er bestaat een zeer goede korrelatie tussen beide parameters voor de vakken (3,4,5), (6,7,8) en (9,10,11). De best passende kurve is een rechte (fig. 143). Voor vak (1,2) is de korrelatie kleiner en heeft de kurve de vorm van  $y = -a + b \cdot \log X$ .

Vak	Vergelijking	$r^2$	Aantal waarnemingen
(1,2)	$y = -4781,5 + 5348 \cdot \log(X)$	0,492	64
(3,4,5)	$y = -559,0 + 74,152 X$	0,834	83
(6,7,8)	$y = 1529,7 + 47,418 X$	0,600	72
(9,10,11)	$y = 260,7 + 58,5 X$	0,745	67

De verhouding geleidbaarheid-magnesium varieert van 59 tot 85 met een gemiddelde van 66,1 voor de verschillende vakken en voor magnesiumconcentraties tussen 50 en 200 mg/l.

## 21.6. Geleidbaarheid-totale hardheid



**Fig. 144** : Korrelatie geleidbaarheid-totale hardheid in het kanaal (12/68-12/82).

De korrelatie is zeer goed voor de vakken (1,2), (3,4,5) en (6,7,8). Voor vak (9,10,11) is de korrelatie veel kleiner ( $r^2 = 0,260$ ). Dit is echter te wijten aan enkele gegevens met zeer hoge totale hardheid en lagere geleidbaarheid. Deze resultaten vervormen de kurve waardoor de best passende kurve geen rechte is. Gezien de slechte betrouwbaarheid van de gegevens wordt de vergelijking van vak (9,10,11) niet opgenomen. Volgende vergelijkingen werden bekomen (fig. 144).

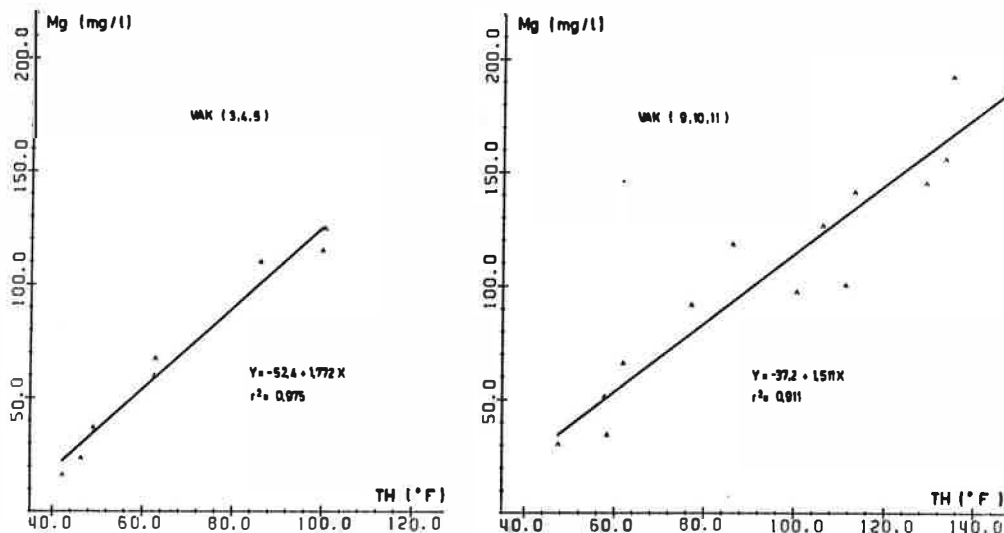
Vak	Vergelijking	$r^2$	Aantal waarn mingen
(1,2)	$y = -2054,9 + 83,593 X$	0,817	97
(3,4,5)	$y = -1893,6 + 78,004 X$	0,919	70
(6,7,8)	$y = -2043,9 + 76,461 X$	0,911	169

De verhouding geleidbaarheid-totale hardheid vergroot met toenemende totale hardheid. Voor de drie vermelde vakken is de verhouding gemiddeld 39,4 (35,6 à 42,5), 59,4 (56,0 à 63,0) en 66,0 (62,8 à 69,9) voor een totale hardheid van respectievelijk 50, 100 en 150 °F.

### 21.7. Magnesium-totale hardheid

Er bestaat een zeer goede korrelatie tussen magnesium en totale hardheid voor de vakken (3,4,5), (6,7,8) en (9,10,11). Voor vak (1,2) is de korrelatie veel kleiner (fig. 145).

Vak	Vergelijking	$r^2$	Aantal waarnemingen
(1,2)	$y = -16,660 + 0,795 X$	0,366	25
(3,4,5)	$y = -52,387 + 1,772 X$	0,975	40
(6,7,8)	$y = -57,069 + 1,866 X$	0,997	33
(9,10,11)	$y = -37,162 + 1,511 X$	0,911	31



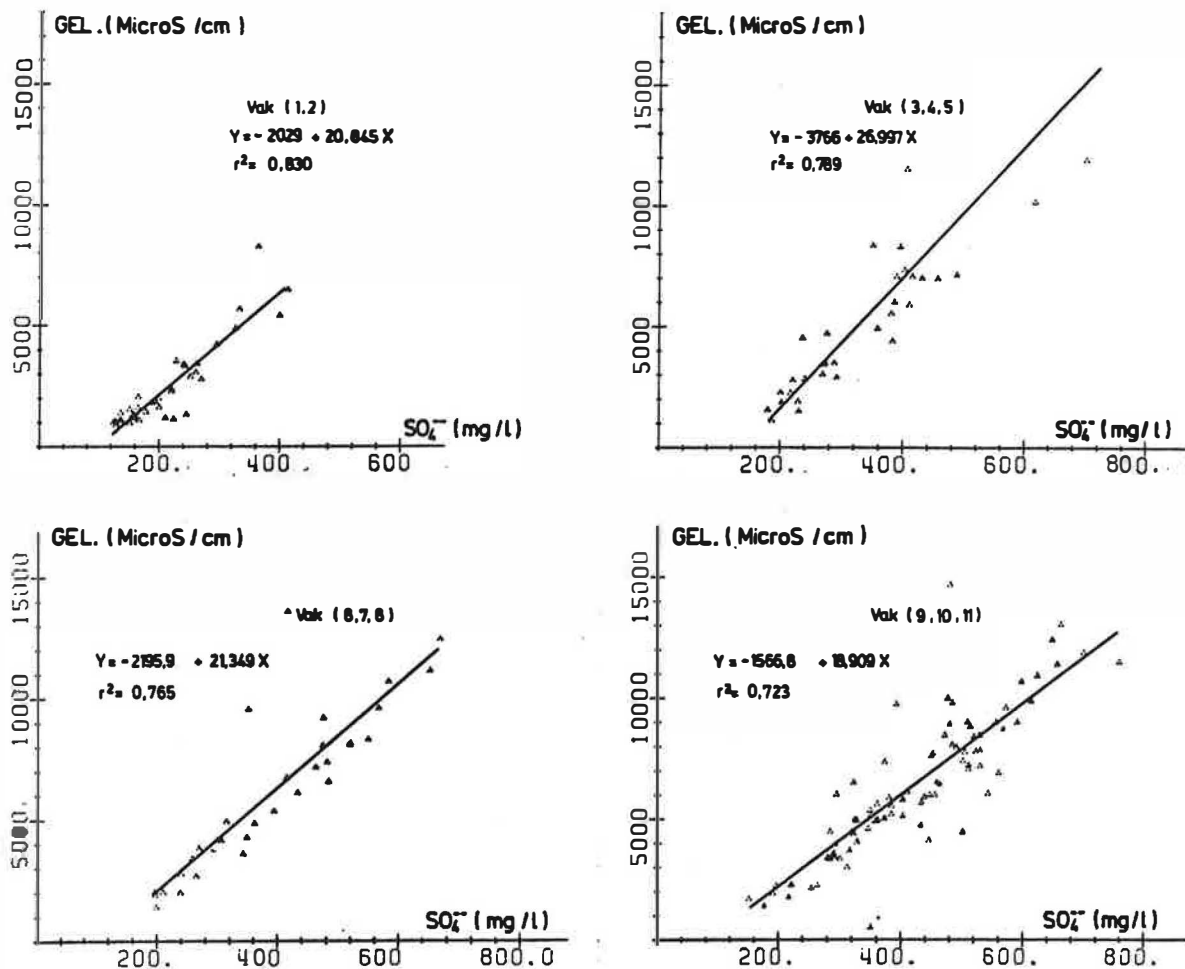
**Fig. 145** : Korrelatie magnesium-totale hardheid in het kanaal (12/68-12/82).

De verhouding magnesium (uitgedrukt in mg/l)-totale hardheid (uitgedrukt in Franse graden) stijgt met toenemende totale hardheid. De gemiddelde verhouding voor de vakken (3,4,5), (6,7,8) en (9,10,11) is 0,74 voor een totale hardheid van 50 °F, 1,23 voor 100 °F en 1,39 voor 150 °F. Voor vak (1,2) is de verhouding veel kleiner terwijl het verschil voor de andere vakken gering is. De stijging van de totale hardheid is vooral te wijten aan de toename van het magnesiumgehalte ten gevolge van de verzilting. Bij



toename van de verzilting wordt het aandeel van magnesium dus groter.

### 21.8. Geleidbaarheid-sulfaat



**Fig. 146** : Korrelatie geleidbaarheid-sulfaat in het kanaal (12/68-12/82).

Er is een goed verband tussen de geleidbaarheid en sulfaat. De korrelatiegraad daalt stroomafwaarts van 0,830 tot 0,723. Voor de verschillende vakken werden volgende kurven bekomen (fig. 146).

Vak	Vergelijking	$r^2$	Aantal waarnemingen
(1,2)	$y = -2029,2 + 20,845 X$	0,830	137
(3,4,5)	$y = -3766,2 + 26,997 X$	0,789	121
(6,7,8)	$y = -2195,9 + 21,349 X$	0,765	130
(9,10,11)	$y = -1566,8 + 18,909 X$	0,723	274

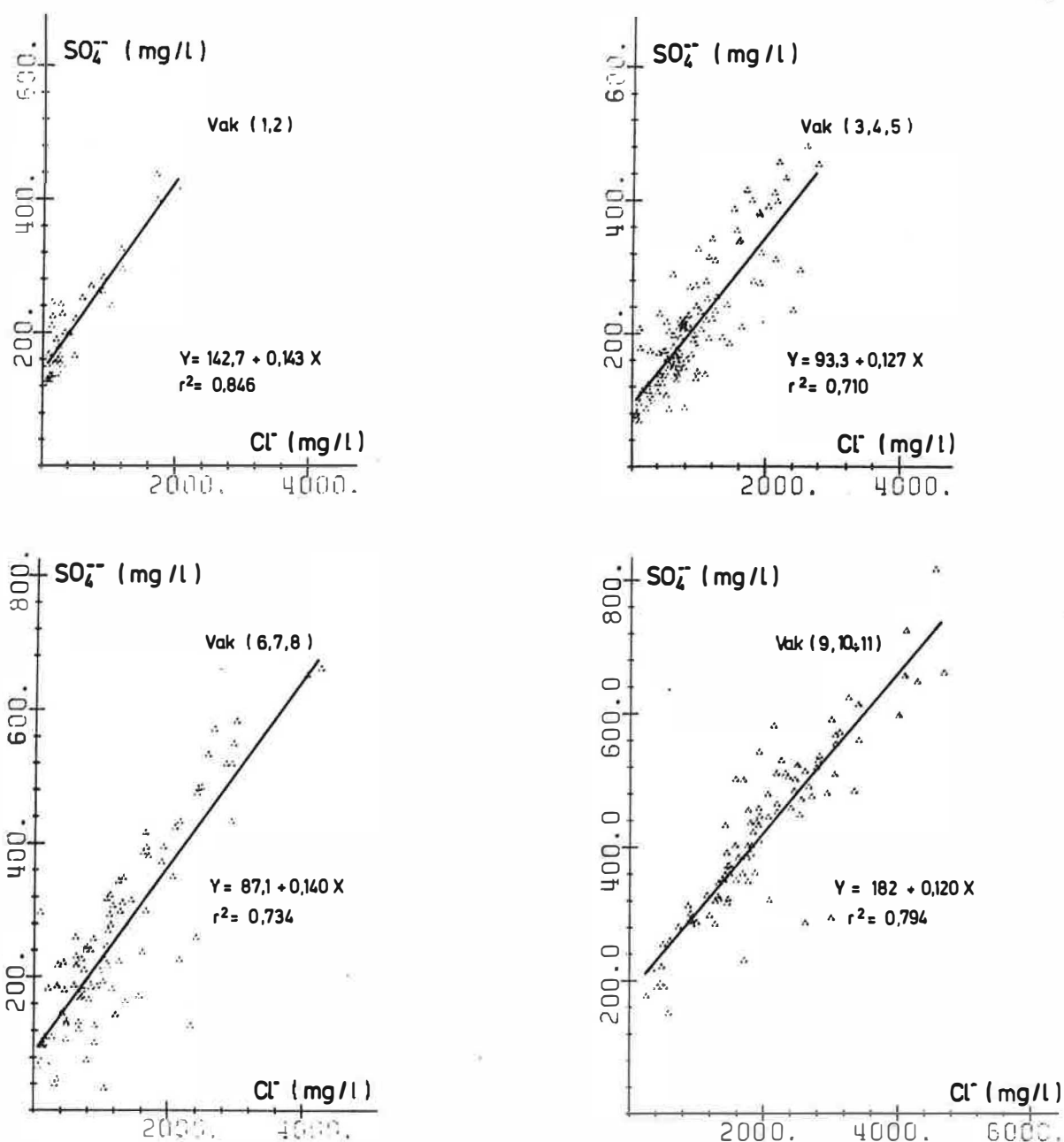
De verhouding geleidbaarheid-sulfaat stijgt met toenemende geleidbaarheid. Over de verschillende vakken is de gemiddelde verhouding 10,08; 16,05 en 18,04 voor 200, 400 en 600 mg sulfaat/l.

#### 21.9. Sulfaat-chloride

De korrelatie sulfaat-chloride is goed. Voor de verschillende vakken ligt  $r^2$  tussen 0,710 en 0,846. Per vak werden volgende vergelijkingen bekomen (fig. 147).

Vak	Vergelijking	$r^2$	Aantal waarnemingen
(1,2)	$y = 142,7 + 0,143 X$	0,846	143
(3,4,5)	$y = 93,3 + 0,127 X$	0,710	255
(6,7,8)	$y = 87,1 + 0,140 X$	0,734	217
(9,10,11)	$y = 182,2 + 0,120 X$	0,794	277

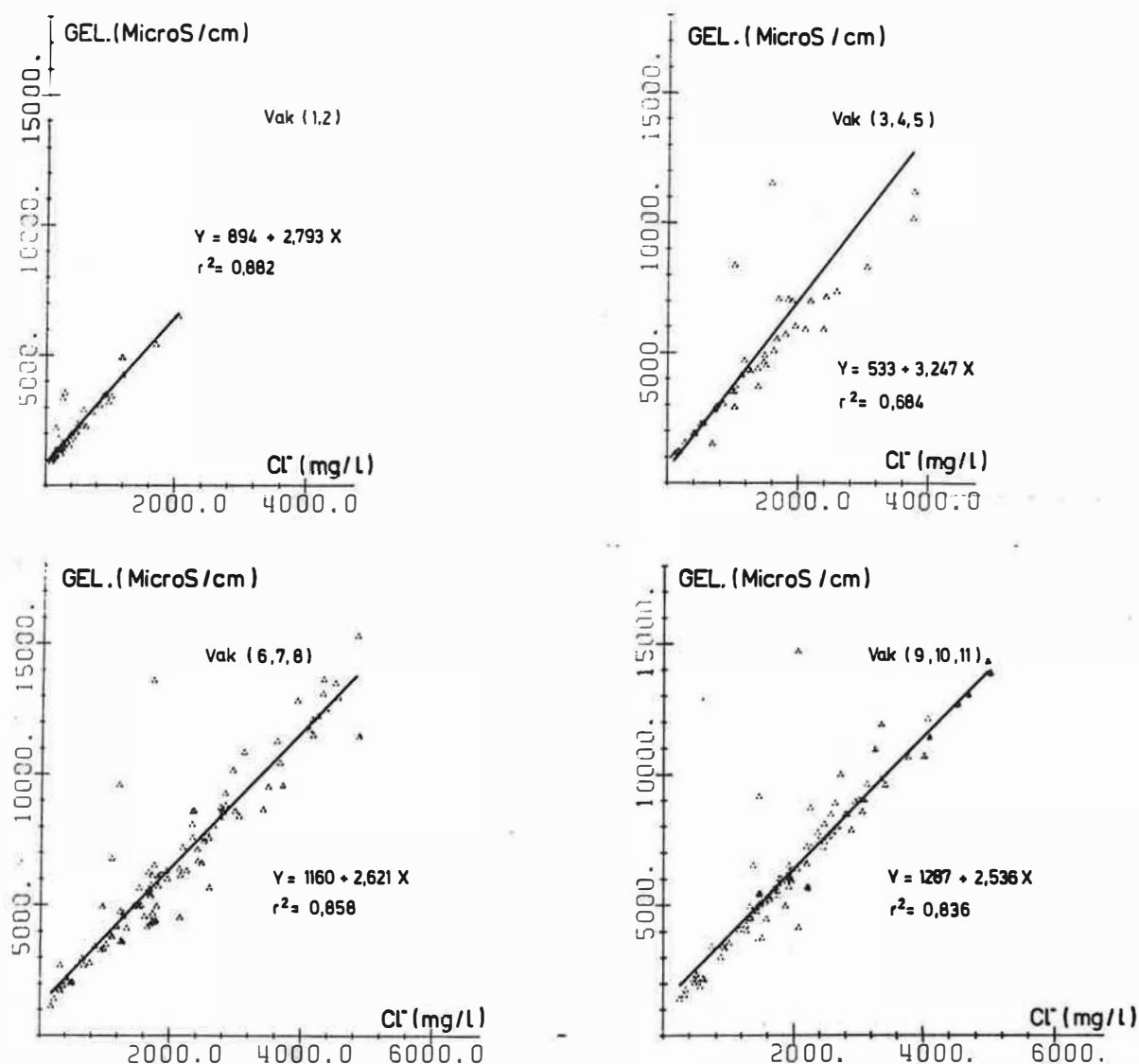
De verhouding chloride-sulfaat stijgt met toenemende chlorideconcentratie. Voor de verschillende vakken is de gemiddelde verhouding 3,94 (3,3 à 4,5); 5,15 (4,7 à 5,8); 5,76 (5,2 à 6,3) en 6,29 (6 à 6,7) voor respectievelijk 1000, 2000, 3000 en 4000 mg Cl/l. De verhouding is het grootst in vak (3,4,5).



**Fig. 147** : Korrelatie sulfaat-chloride in het kanaal (12/68-12/82).

#### 21.10. Geleidbaarheid-chloride

Er is een zeer goede korrelatie geleidbaarheid-chloride. Voor de 4 vakken is de best passende kurve steeds een rechte (fig. 148). De toename van de geleidbaarheid is inmiddels grotendeels te wijten aan de verzilting.



**Fig. 148 :** Korrelatie geleidbaarheid-chloride in het kanaal (12/68-12/82).

Vak	Vergelijking	$r^2$	Aantal waarnemingen
(1,2)	$y = 894,0 + 2,793 X$	0,882	160
(3,4,5)	$y = 533,4 + 3,247 X$	0,684	141
(6,7,8)	$y = 1159,7 + 2,621 X$	0,858	239
(9,10,11)	$y = 1287,5 + 2,536 X$	0,836	329

Voor dezelfde chlorideconcentratie neemt de verhouding geleidbaarheid-chloride tussen vak (1,2) en (3,4,5) iets toe. In stroomafwaartse richting en met toenemend chloridegehalte neemt de verhouding geleid-

baarheid-chloride iets af. In tabel 53 wordt de verhouding opgegeven voor de verschillende vakken en verschillende chlorideconcentraties.

Chloride mg/l	(1,2)	(3,4,5)	(6,7,8)	(9,10,11)
1000	3,69	3,78	3,78	3,82
2000	3,24	3,51	3,20	3,18
3000		3,42	3,00	2,97
4000		3,38	2,91	2,86
5000				2,79

Tabel 53 : Verhouding geleidbaarheid-chloride per vak voor verschillende chlorideconcentraties.

#### 21.11. Geleidbaarheid-natrium

De korrelatie tussen beide parameters is goed (fig. 149). Voor de verschillende vakken werden volgende vergelijkingen berekend.

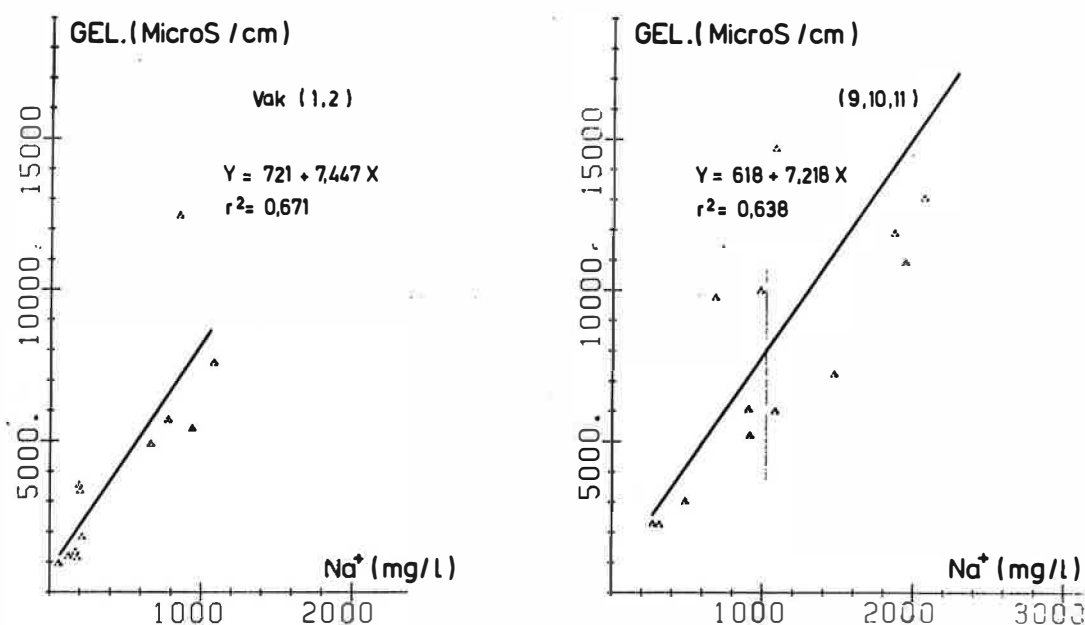


Fig. 149 : Korrelatie geleidbaarheid-natrium in het kanaal (12/68-12/82).

Vak	Vergelijking	$r^2$	Aantal waarnemingen
(1,2)	$y = 721,0 + 7,447 X$	0,671	45
(3,4,5)	$y = 1296,4 + 8,800 X$	0,777	41
(6,7,8)	$y = 1749,9 + 8,272 X$	0,671	37
(9,10,11)	$y = 618,2 + 7,218 X$	0,638	47

Voor de verschillende vakken is de gemiddelde verhouding geleidbaarheid-natrium 10,2 (8,5 à 11,8) voor een natriumgehalte van 500, 9,0 (7,8 à 10,1) voor een natriumgehalte van 1000 en 8,5 (7,5 à 9,5) voor een natriumgehalte van 2000 mg/l.

#### 21.12. Natrium-chloride

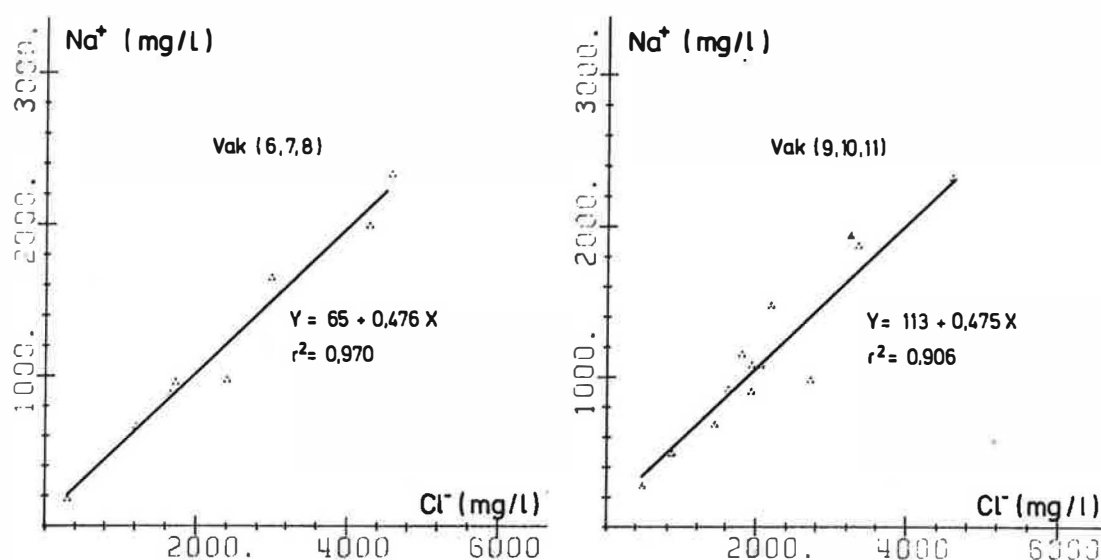


Fig. 150 : Korrelatie natrium-chloride in het kanaal (12/68-12/82).

Natrium en chloride zijn relatief gezien praktisch uitsluitend afkomstig van het binnendringend zeewater zodat er een zeer goede korrelatie tussen beide parameters is (fig. 150). Voor de verschillende vakken werden volgende vergelijkingen berekend.

Vak	Vergelijking	$r^2$	Aantal waarnemingen
(1,2)	$y = 95,9 + 0,459 X$	0,970	51
(3,4,5)	$y = 30,9 + 0,489 X$	0,979	44
(6,7,8)	$y = 65,4 + 0,476 X$	0,970	43
(9,10,11)	$y = 113,5 + 0,475 X$	0,906	53

Voor de verschillende vakken en chlorideconcentraties tussen 1000 en 4000 mg/l is de verhouding natrium-chloride gemiddeld 0,51 (0,50 à 0,59).

## HOOFDSTUK X

SAMENVATTING EN BESLUITEN

Het kanaal Gent-Terneuzen wordt vooral gevoed met Leie- en Scheldewater via de Tolhuisstuw. Daarnaast zijn er vier hydrografische bekkens, die afwateren naar het kanaal via de Kale, de Avrijevaart en de Moervaart. Ze hebben een theoretisch jaardebiet van gemiddeld  $2,3 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Het Leiewater stroomt naar Gent langs het natuurlijk verloop van de Leie en/of langs het kanaal Gent-Oostende dat in Schipdonk het water van het Afleidingskanaal van de Leie ontvangt. Het Leiedebiet varieert sterk. Het gemiddeld debiet per maand (1955-1978) bedraagt minimum  $12,8 \text{ m}^3/\text{s}$  (in augustus) en maximum  $39,8 \text{ m}^3/\text{s}$  (in januari).

Het Scheldedebiet varieert eveneens sterk. In droge perioden wordt het Scheldewater alleen naar het kanaal afgevoerd, in natte perioden ook gedeeltelijk naar de Zeeschelde.

Het gemiddeld totaal debiet van de Leie en de Bovenschelde te Gent (van 1955 tot 1976) in de maanden juli, augustus, september en oktober is respectievelijk 30,5; 27,3; 28,1 en  $36,1 \text{ m}^3/\text{s}$ . Hieruit blijkt dat de mogelijkheid tot voeding van het kanaal beperkt is. Bovendien variëren de gemiddelde debieten sterk van jaar tot jaar en zijn er nog verschillende lek- en schutverliezen. Het watertekort kan alleen worden beperkt door het verminderen van de verliezen en door het aanleggen van een waterreserve. In natte perioden kan er wateroverlast optreden, zodat alle afvoermogelijkheden maximaal benut moeten worden. Een grotere afvoer via een nieuwe stuw op de Ringvaart kan de wateroverlast beperken en kan de kwaliteit van het kanaalwater positief beïnvloeden. De volledige verplaatsing van de voeding van het kanaal naar de Ringvaart zou ertoe leiden dat aan de Tolhuisstuw uitsluitend effluent van het waterzuiveringsstation van Gent zou worden afgevoerd. Dit zou leiden tot een kwaliteits-



verslechtering tussen de Tolhuisstuw en de Ringvaart.

Het kanaaldebiet verschilt van plaats tot plaats, vooral omdat er verschillende hydrografische bekkens in afwateren. In het eerste en het vierde kwartaal heeft het grotere debiet een gunstige invloed op de kwaliteit. In het tweede en het derde kwartaal wordt door het geringere debiet de kwaliteit ongunstig beïnvloed. Bij het huidige Tolhuisdebiet zijn infiltratie, evaporatie, rechtstreekse neerslag, waterafname en -lozing door bedrijven van ondergeschikt belang. In natte perioden kan door het schutten en spuien aan de sluis te Evergem een bijkomende voeding ontstaan.

Tussen 1951 en 12/68 bedroeg het gemiddeld Tolhuisdebiet minder dan  $10 \text{ m}^3/\text{s}$ . Van de opening van de Westsluis tot 9/74 schommelde het rond  $10 \text{ m}^3/\text{s}$ . In het natte najaar van 1974 nam het debiet sterk toe. Vanaf 1979 is er een geleidelijke toename tot ongeveer  $22 \text{ m}^3/\text{s}$  in 1982. Het gemiddeld Tolhuisdebiet is het grootst in het begin en op het einde van het jaar en het kleinst op het einde van de lente en in de zomer.

Uit de kontakten met de bedrijven in de kanaalzone bleek dat het kanaalwater vooral dient voor de koeling, het productieproces en het transport. In vele gevallen is het niet geschikt als proceswater; er treedt korrosie op door de sterke verzilting; de verontreiniging en de slibafzetting verstopt leidingen en sproeiers. Daarom werden in talrijke bedrijven korrosiebestendige installaties geplaatst. In sommige gevallen moest men overschakelen op grond- of leidingwater. Kanaalwater wordt ook dikwijls aangewend voor het opspuiten van afvalstoffen en voor het vervoer van baggerslib.

Dat laatste bevat veel calcium, magnesium, sulfaat, natrium, chloride, fluoride, ammoniakale stikstof en zware metalen. De slibkwaliteit is sterk afhankelijk van de bemonsteringsplaats. De hoogste concentraties aan zware metalen komen voor tussen de Tolhuisstuw en de Ringvaart, de laagste concentraties in het Nederlands kanaalgedeelte. De concentraties

Cd, Cr, Cu, Pb, Zn en Hg overschrijden dikwijls de normen vastgesteld voor het gebruik van slib in de landbouw. Uit de samenstelling ervan blijkt dat het kanaalslib onder gecontroleerde omstandigheden moet worden gestort.

Bij de elueerbaarheidsproeven van kanaalslib is gebleken dat de concentraties vrijgesteldcalcium, magnesium, sulfaat, natrium, chloride, fluoride en ammoniak het grondwater sterk kunnen verontreinigen. Zware metalen worden echter in geringe mate geëluëerd. De evolutie van de elueerbaarheid in verloop van de tijd is sterk afhankelijk van de reacties in het stort. De resultaten van de elueerbaarheidsproeven stemmen goed overeen met de grondwaterkwaliteit nabij een slibstort.

Assen van kanaalslib bevatten minder zware metalen. Daarenboven worden deze over het algemeen minder geëluëerd uit de assen dan uit slib. De elueerbaarheid van zware metalen uit slib en uit de assen ervan is gering tot pH 7 maar neemt sterk toe met dalende pH. Uit assen wordt evenwel veel natrium, calcium en sulfaat geëluëerd.

De interpretatie van de waterkwaliteit is gesteund op 23.226 staalnamen. Voor de verwerking van de gegevens werd het kanaal en de wateraanvoerende waterlopen ingedeeld in vakken. Het kanaal werd verdeeld in 19 vakken. De gegevens hebben vooral betrekking op de periode 12/68-12/82.

Het chloridegehalte vertoont sterke schommelingen in de loop van de tijd. Van 1951 tot 1960 schommelen de concentraties ter hoogte van Rieme rond 1700 mg/l. Van 1961 tot 12/68 was het chloridegehalte merkkelijk lager. Onmiddellijk na de openstelling van de Westsluis nam het chloridegehalte sterk toe. Er was een opvallende daling in het natte najaar van 1974 en een sterke stijging in de droge zomer van 1976. Sedert 1980 nemen de concentraties af. De eerste verziltingsverschijnselen in het Handelsdok werden vastgesteld in 1969.

De gemiddelde chlorideconcentratie in het referentiepunt is ongeveer 3500 mg/l (overeenkomst België-Nederland) van 1947

tot 1968. Vanaf de openstelling van de Westsluis tot eind 1974 bedroeg het twaalfmaandelijks symmetrisch voortschrijdend gemiddelde vaak meer dan 3500 mg/l, na 1974 over het algemeen minder. Vanaf 1980 is er een opmerkelijke daling in het chloridegehalte waar te nemen. De jaarcyclus toont aan dat het kanaal het zoetst is in januari en het zoutst in september. Er is een duidelijke stijging vanaf april en een duidelijke daling vanaf oktober. De jaarcyclus in de Westerschelde vertoont gelijkennis met deze in het kanaal. De jaarcyclus in het kanaal wordt enerzijds bepaald door deze in de Westerschelde en anderzijds door de debietvariaties in het kanaal. De bijkomende voeding van de hydrografische bekkens, die afwateren naar het kanaal, heeft een duidelijke invloed op de kwaliteit van het kanaalwater.

Het chloridegehalte neemt stroomafwaarts en met toenemende diepte toe. Er is een duidelijke zouttong waar te nemen. In droge perioden reikt deze tot aan de Tolhuisstuw en tot in het Handelsdok. Er is een matige korrelatie tussen het chloridegehalte en het Tolhuisdebiet. De spreiding van de punten rond de regressierechte is het gevolg van de afwijking van het werkelijk debiet op een bepaalde plaats t.o.v. het Tolhuisdebiet. In de vakken 4, 8, 11 en 18 (0-14 m) is er een gemiddelde jaar-koncentraties van 1000 mg  $\text{Cl}^-$ /l bij een Tolhuisdebiet van respectievelijk 22,6; 24,2; 25,6 en 30 m<sup>3</sup>/s.

In Terneuzen wordt de zoutindringing zoveel mogelijk bestreden door een luchtbellenscherm, door de optimalisatie van het spuiprogramma en door het gebruik van de deelkolken. De vergroting van de zoutkom en het plaatsen van een afzonderlijk spuikanaal of pompemaal zou hiertoe kunnen bijdragen. Op korte termijn is echter vooral de regeling van het debiet van belang.

In het kanaal ligt de pH tussen 7 en 7,7. Hij varieert weinig in verloop van de tijd, de afstand en de diepte. In de aanvoerende waterlopen is de pH ongeveer dezelfde.

In de aanvoerende waterlopen ligt het zuurstofgehalte hoger dan in het kanaal. Zowel in de aanvoerende waterlopen als in het kanaal neemt het toe in de loop van de tijd. Het zuurstofgehalte vertoont een jaarcyclus met een daling van het eerste naar het vierde kwartaal. In het Belgisch kanaalgedeelte (0-5 m) was het zuurstofgehalte in de perioden 1/68-12/72, 1/73-12/77 en 1/78-12/82 respectievelijk 0,7; 1,6 en 2,3 mg  $O_2$ /l. Het zuurstofgehalte daalt tussen de Tolhuisstuw en de Ringvaart. Vanaf de Ringvaart stijgt het stroomafwaarts. De concentraties dalen met toenemende diepte. In Nederland stelt men een stijging in het onderste diepte-interval vast. Deze wordt veroorzaakt door het inkomende zeewater.

De BOD van het kanaalwater wordt vooral beïnvloed door de kwaliteit van de waters van de Bovenschelde en de Leie. Daar het debiet van de Leie en de Bovenschelde niet noodzakelijk volledig afgevoerd wordt naar het kanaal, is er een eerder zwakke korrelatie tussen BOD en Tolhuisdebiet. In verloop van de tijd is er een daling van de BOD in de aanvoerende waterlopen en in het kanaal. In het Belgisch kanaalgedeelte (0-5 m) was de BOD in de perioden 1/68-12/72, 1/73-12/77 en 1/78-12/82 respectievelijk 16,8; 10 en 6,2 mg  $O_2$ /l. Stroomafwaarts daalt de BOD met uitzondering van enkele plaatselijke piekkoncentraties. Er is een lichte afname met toenemende diepte.

De COD van de wateraanvoerende waterlopen is lager dan deze van het kanaal. Vanaf de Tolhuisstuw tot vóór de brug te Zelzate is er evenwel een gemiddelde toename. Verder stroomafwaarts is er een sterke daling. De laagste concentraties komen voor in het Nederlands kanaalgedeelte. Er is een lichte daling met toenemende diepte. Alhoewel de maandgemiddelden van COD in het kanaal en in de wateraanvoerende waterlopen sterk fluctueren, veranderen de gemiddelden weinig per vijfjaarlijkse periode. In het Belgisch kanaalgedeelte bedraagt de gemiddelde COD ongeveer 85 mg  $O_2$ /l. Sedert 1980 daalt het COD-gehalte.

De hoeveelheid ammoniakale stikstof is hoger in het kanaal dan in de aanvoerende waterlopen. Over het algemeen is er een

toename vanaf de Tolhuisstuw tot aan de Belgisch-Nederlandse grens. Er is een lichte toename met toenemende diepte. In het verloop van tijd is er een lichte daling in het kanaal en in de aanvoerende waterlopen waar te nemen. De laagste concentraties in het kanaal komen voor vanaf 1980. Er treedt een duidelijke jaarcyclus op met de laagste concentraties in het eerste en de hoogste concentraties in het derde of vierde kwartaal. Het ammoniakgehalte daalt met toenemend debiet.

De nitraatconcentraties in het kanaal en in de aanvoerende waterlopen variëren sterk in de tijd. Opmerkelijk zijn de hoge concentraties in het natte najaar van 1974 en de lage concentraties in de droge zomer van 1976. Er is een duidelijke jaarcyclus met de hoogste concentraties in het eerste en de laagste concentraties in het derde kwartaal. Er is een duidelijk verband tussen nitraatstikstof, ammoniakale stikstof en opgeloste zuurstof. Bij toename van de opgeloste zuurstof stijgt het nitraatgehalte en daalt de ammoniakale stikstof. Het nitraatgehalte neemt af in het eerste kanaalgedeelte maar neemt sterk toe vanaf de brug te Zelzate tot Terneuzen. De nitraatconcentratie stijgt met toenemend debiet.

Sedert de waarnemingen van 1968 werden er geen beduidende temperatuurveranderingen vastgesteld. In het Belgisch kanaalgedeelte is er stroomafwaarts een lichte temperatuurstijging. Aan de monding van de Moervaart is er een opmerkelijke stijging.

Geleidbaarheid, sulfaatgehalte, magnesiumgehalte, totale hardheid en natriumgehalte worden grotendeels bepaald door de verzilting. Deze parameters vertonen hetzelfde verloop met de tijd, de afstand en de diepte en volgen dezelfde jaarcyclus als het chloridegehalte. Niettegenstaande de concentraties erg fluktuëren stelt men vast dat met de tijd de kwaliteit verbetert. Wat het meest opvalt zijn de lage concentraties in het natte najaar van 1974, de hoge concentraties in de droge zomer van 1976 en de lagere concentraties sinds 1980. Vanaf de Tol-

huisstuw tot aan Terneuzen neemt de concentratie toe. Deze stijgt ook met toenemende diepte. De aangroei van de totale hardheid is vooral te wijten aan de toename van het magnesiumgehalte. Aan de Belgisch-Nederlandse grens (0-5 m) en in de periode januari 78-december 82 bedragen de gemiddelde geleidbaarheid, de sulfaat- en magnesiumconcentratie en de totale hardheid respectievelijk 5843  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , 410 mg/l, 73 mg/l en 101 °F. Een jaarcyclus komt tot uiting door lage concentraties in maart en hoge in november. Telkens stelt men een duidelijke stijging vast in mei en een daling vanaf december. De concentraties van voornoemde parameters zijn lager in de aanvoerende waterlopen. Bij grotere debieten daalt bijgevolg de concentratie in het kanaal.

In het kanaal ligt het vijfjaarlijks loodgemiddelde tussen 0,012 en 0,073 mg/l.

De korrelatiegraad ( $r^2$ ) bedraagt meer dan 0,9 voor de verhouding Mg/TH en Na/Cl, meer dan 0,8 voor geleidbaarheid/Cl en geleidbaarheid/TH en meer dan 0,7 voor geleidbaarheid/sulfaat, geleidbaarheid/magnesium en sulfaat/chloride. Dat wijst op een duidelijk verband tussen de opgenoemde parameters.

De korrelaties tussen nitraatstikstof/ammoniakale stikstof en nitraatstikstof/opgeloste zuurstof zijn matig. Bij toename van de ammoniakale stikstof daalt de nitraatstikstof en bij toename van de opgeloste zuurstof stijgt de nitraatstikstof. Er is slechts een zeer zwakke korrelatie voor biochemisch zuurstofverbruik/opgeloste zuurstof. De BOD daalt bij toenemend zuurstofgehalte.

Bij de indeling van de waterkwaliteit in klassen blijkt, dat de aanvoerende waterlopen over het algemeen gemiddeld verontreinigd zijn en dit vooral door ammoniakale stikstof, BOD en COD. Het kanaalwater is verontreinigd tot sterk verontreinigd. Vooral de hoeveelheid chloride, de geleidbaarheid, de ammoniakale stikstof en het gebrek aan opgeloste zuurstof hebben een negatieve invloed op de kwaliteit. Met de tijd echter

verbetert de kwaliteit door de verlaging van het chloride-  
gehalte, de geleidbaarheid, het biochemisch zuurstofverbruik  
en de toename van de opgeloste zuurstof.

REFERENTIES

- BELGROMA N.V. (1969). Bestrijding van de Waterverontreiniging.  
Brussel : N.V. Belgroma (rapport PD/JDM 66/30/5).
- BERNAERT, E. (1979). Studie betreffende de kwaliteit van het water van de Zuidlede. Gent : Provinciale Dienst voor de bescherming van het leefmilieu (rapport).
- BETTENS, L., VANDEN BOSSCHE, F. & VAN ACHTER, R. (1975).  
De variatie van het debiet, het zoutgehalte en de kwaliteit van het water van het kanaal Gent-Terneuzen in de aanvang van het kanaal en ter hoogte van Langerbrugge.  
Tijdschr. BECEWA, 32, 2-9.
- CALLENS, M., KREPS-HEYNDRIKX, Y. & VANSTEEELANDT, P. (1983).  
Bestrijding van de verzilting van het kanaal Gent-Terneuzen. Water, 9, 62-73.
- CALLENS, M. (1977). De waterhuishouding in het Gentse (stage-verslag).
- CALLENS, M. (1982). Nota in verband met de zoutbestrijding in het kanaal Gent-Terneuzen. Gent : Bestuur der Waterwegen, Dienst van het Stroomgebied der Schelde, 1<sup>e</sup> Direktie (rapport vergadering 22.11.82).
- DE BRABANDER, K. Kwaliteitsoverzicht van een aantal Belgische oppervlaktewateren. Brussel : Instituut voor Hygiëne en Epidemiologie (jaarrapporten van 1975 tot 1982).
- DE BREUCK, W. (1983). Hydrogeologische studie van de Gentse Kanaalzone. Gent : Rijksuniversiteit, Leerstoel voor Toegepaste Geologie.
- DE CAVELE, J. & DE HERDT, R. (1976). Gent op de wateren en naar de zee. Antwerpen : Mercatorfonds.
- DE LAEY, M. (1960). Studie van het kanaal Gent-Terneuzen.  
Gent : BECEWA (rapport).



- DE LAEY, M. & VAN ACHTER, R. (1961). Studie van de Gentse Waterlopen. Gent : BECEWA (rapport).
- DE LAEY, M. & VAN ACHTER, R. (1962). Studie der invloedszones van enkele fabrieken gelegen langs het kanaal Gent-Terneuzen. Gent : BECEWA (rapport).
- DE LAEY, M. & BROUWERS, G. (1964). Studie betreffende de toestand van het water van het kanaal Gent-Terneuzen, in verband met de geplande verbeteringswerken. Gent : BECEWA (rapport).
- DE SCHEPPER, H. & VERHOEVE, D. (1977). De verontreiniging van het kanaal Gent-Terneuzen. Brussel : Instituut voor Hygiëne en Epidemiologie (rapport).
- DE SMET, L. Wateranalysen van het kanaal Gent-Terneuzen en van de Kale (1968-1982). Gent : N.V. Belgische Papierfabrieken (tabellen).
- D'HAËZE. Analysen van het water van het Handelsdok van 1960 tot 1982. Gent : Stadsbedrijven E.G.W. (tabellen).
- EDELINE, F. (1967). Etude du canal Gand-Terneuzen. Liège : CEBEDEAU-BECEWA (rapport).
- EDELINE, F. (1968). Bezoedelingstoestand van de Leie in het riviervak Astene-Gent. Gent : BECEWA (rapport).
- GABRIELS, R. (1978). Studie van de verontreinigende invloed van baggerspecie op grondwater door elementenmobilisatie. Gent : Rijksstation voor Sierplantenteelt.
- HAECON (1972). Studie over de evacuatie van het industrieel afvalwater in de Gentse kanaalzone. Gent : Studiegroep Haecon.
- HEYLEN, J. (1981). De hoge waterstanden van 14-18 januari 1981. Brussel : Ministerie van Openbare Werken, Dienst voor Hydrologisch Onderzoek.
- HEYLEN, J. (1983a). De hoge waterstanden in het Gentse. Brussel : Ministerie van Openbare Werken, Dienst voor Hydrologisch Onderzoek.

HEYLEN, J. (1983b). Debieten van de Leie en de Bovenschelde.  
Brussel : Ministerie van Openbare Werken, Dienst voor  
Hydrologisch Onderzoek (tabellen).

I.H.E. (1976). De verontreiniging van het Moervaartbekken.  
Brussel : Instituut voor Hygiëne en Epidemiologie.

I.H.E. (1978). Analyse van slibmonsters uit het kanaal Gent-  
Terneuzen. Brussel : Instituut voor Hygiëne en Epide-  
miologie.

INGELS, A. Analysen van kanaalwater van 1972 tot 1973 en van  
1977 tot 1979. Gent : Belgian Shell (tabellen).

I.SO. (1978). Verslag over de analyse van slibmonsters uit het  
kanaal Gent-Terneuzen. Tervuren : Instituut voor Schei-  
kundig Onderzoek.

JONKER, L. & BARENTSEN, W. (1968). De nieuwe Zeevaartsluis  
te Terneuzen. Rijkswaterstaat, Directie Sluizen en Stu-  
wen (mededeling 5<sup>e</sup> internationaal havencongres Antwerpen  
in 1978).

KOLKMAN, P.A., (1982). Zout-zoet wateruitwisseling bij schut-  
sluizen. PT Civiele Techniek, 37, 2, 31-34.

KREPS-HEYNDRIKX, Y. Verloop van het debiet aan de Tolhuisstuw  
van 1951 tot 1982. Gent : Bestuur der Waterwegen, Dienst  
van het Stroomgebied der Schelde, 1<sup>e</sup> Directie (tabellen).

KWAK, F.J. Voorstel nieuwe verziltingsnorm en bijbehorende ge-  
middelde doorspoelstroom i.v.m. de aanpassing van art. 32  
van het traktaat van 1960 aan de nieuwe toestand. Rijks-  
waterstaat - Deltadienst. Waterloopkundige afdeling, sec-  
tor waterbeheersing (rapport W73.063).

MICHIELS, R. (1983). Pompgemalen en wateringen langsheen het  
kanaal Gent-Terneuzen. Gent : Provinciale algemene tech-  
nische dienst Oost-Vlaanderen (onuitgegeven rapport).

MINGELS, W. Analysen van kanaalwater van 1973 tot 1982. Gent :  
N.V. Sopar (tabellen).

- MORTIER, G. (1981). Evaluatie van de waterkwaliteit in de Gentse binnenstad. Gent : Technische dienst Bruggen en Waterlopen (rapport en tabellen).
- M.O.W. (1980). Nota in verband met de voeding van het zeekanaal naar Gent. Gent : Bestuur der Waterwegen, Dienst van het Stroomgebied der Schelde, 1<sup>e</sup> Direktie.
- M.O.W. (België) en Rijkswaterstaat (Nederland). Gemeenschappelijke analyseresultaten van bemonsteringen van het kanaal Gent-Terneuzen, genomen aan de grens België-Nederland (tabellen).
- N.M.D.W. (1980). Problematiek omtrent de waterbevoorrading van de industrie in de Gentse Kanaalzone. Brussel : Nationale Maatschappij der Waterleidingen (rapport).
- PEETERS, L. (1980). Studie waterbeheer. Maritieme staalnijverheid N.V. Sidmar. Gent : N.V. Sidmar.
- QUAGHEBEUR, D., DE WULF, E. & RAVELINGIEN, M.C. (1979). Polyaromaten en organische belasting in enkele Belgische oppervlaktewaters. Brussel : Instituut voor Hygiëne en Epidemiologie (rapport).
- REMEYSEN, H. Analysen van kanaalwater van 1970 tot 1982. Gent : Ebes Rodenhuize (tabellen).
- RIJKSWATERSTAAT (1963). Zoutbezwaar van de schutsluizen te Terneuzen. Dienst voor de waterhuishouding, 's Gravenhage (rapport).
- RIJKSWATERSTAAT. Maandelijkse zoutmetingen in het kanaal van Gent naar Terneuzen. Directie Waterhuishouding en Waterbeweging, District Zuidwest (nota 25.002.02) (jaarrapporten van 1973 tot 1982).
- RIJKSWATERSTAAT. Kwaliteitsonderzoek in de rijkswateren. Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening (driemaandelijkse rapporten van 1972 tot 1982).
- RIJKSWATERSTAAT. Peilmetingen kanaal Gent-Terneuzen. Directie Zeeland (tabellen).

RIJKSWATERSTAAT. Debieten te Terneuzen. Directie Zeeland  
(figuren).

RIJKSWATERSTAAT (1974). Chloridebelasting schutsluis Terneuzen.  
Directie Waterhuishouding en Waterbeweging, District  
Zuidwest (nota 25.002.02, appendix 5).

RIJKSWATERSTAAT (1974). Chloridegehalteverloop kanaal Gent-  
Terneuzen, Sas van Gent. Directie Waterhuishouding en  
Waterbeweging, District Zuidwest (nota 25.002.02, appen-  
dix 3).

RIJKSWATERSTAAT (1974). Chloridegehalteverloop kanaal Gent-  
Terneuzen, Brug Sluiskil. Directie Waterhuishouding en  
Waterbeweging, District Zuidwest (nota 25.002.02, appen-  
dix 4).

RIJKSWATERSTAAT (1982). Verband tussen de afvoer te Gent en de  
chlorideconcentratie op 30 meetplaatsen in het kanaal van  
Gent naar Terneuzen. Directie Waterhuishouding en Water-  
beweging, District Zuidwest (nota 25.002.02, appendix 6).

RIJKSWATERSTAAT. Analysen in het referentiepunt (1947-1983).  
Afdeling Zeeland (figuren en tabellen).

ROMAN, R. (1980). Bergen van havenslib en baggerspecie.  
Tijdschr. BECEWA, 57, 106-114.

R.U.G. (1972-1974). Studie over de samenstelling van het water  
in het kanaal Gent-Terneuzen. Deel I - IV. Gent : Labo-  
ratorium voor Anorganische Technische Chemie.

SWAELENS, G. (1979). Analysen van kanaalwater van 1951 tot  
1979. Gent : PCUK Belgium (tabellen).

VAES, F. (1981). Onderzoek waterbevuiling Groot Gent. Gent :  
Provinciale Dienst voor de bescherming van het leefmilieu  
(rapport).

VANDEN BOSSCHE, F. (1970). De kwaliteit van het water van het  
kanaal Gent-Terneuzen en van de verschillende dokken.  
Gent : BECEWA (rapport 70/400).

- VANDEN BOSSCHE, F. (1971). Agressiviteit van het water van het kanaal Gent-Terneuzen en van de Gentse dokken en het gebruik van korrosie-inhibitoren. Gent : BECEWA (rapport).
- VANDEN BOSSCHE, F. (1972a). Studie der voedingswaters van het kanaal Gent-Terneuzen. Gent : BECEWA (rapport 71/444).
- VANDEN BOSSCHE, F. (1972b). Vooronderzoek omtrent de kunstmatige reaëratie van de Gentse waterlopen en het Zeekanaal. Gent : BECEWA (rapport 72/440).
- VAN GEYSTELEN, L., VERHOEVE, D. & DE SCHEPPER, H. (1980). Drinkwaterkwaliteit van de Schelde. Brussel : Instituut voor Hygiëne en Epidemiologie (rapport).
- VANDER HAEGHEN, P. (1982). Analysen van kanaalwater van 1976 tot 1982. Gent : NL Chemicals (tabellen).
- VANSTEEELANDT, P. (1979). Hydrogeologische en ruimtelijke aspecten van de stortplaatsen in het Gentse. Symposium Bergen van Havenslib en Baggerspecie. Gent : Mijnwezen (gestencild rapport).
- VAN WEERDEN, J.J. (1976). Voorstudie verziltingssituatie op het kanaal van Gent naar Terneuzen. Rijkswaterstaat, Directie Waterhuishouding en Waterbeweging, District Zuidwest (rapport 25.002.02).
- VERCRUYSSSE, M., VANDEN BOSSCHE, F. & VAN ACHTER, R. (1979a). Studie van de oppervlaktewaters van het hydrografisch bekken van de Grote en de Kleine Nete. Gent : BECEWA.
- VERCRUYSSSE, M. (1979b). Opstelling van een methode ter klassifikatie van een waterkwaliteit uitgaande van de analyseresultaten van verschillende parameters. Tijdschr. BECEWA, 53, 132-136.
- VERCRUYSSSE, M. (1979c). Onderzoek naar de elueerbaarheid van verontreinigende stoffen afkomstig van opgeslagen slib van het kanaal Gent-Terneuzen. Gent : BECEWA.

- VERCRUYSSSE, M. (1980). Methode ter bepaling van de uitloogbaarheid van 8 stalen behandeld kanaalslib. Gent : BECEWA (rapport).
- VERCRUYSSSE, M. & VAN ACHTER, R. (1981). Oxygenatiekapaciteit van de Tolhuisstuw en de oppervlaktebeluchters opgesteld in het kanaal Gent-Terneuzen. Gent : BECEWA (rapport).
- VERHOEVE, D., QUAGHEBEUR, D., DE SCHEPPER, H. & DE BRABANDER, K. (1981a). Berqing slib kanaal Gent-Terneuzen. Brussel : Instituut voor Hygiëne en Epidemiologie (onuitgegeven rapport).
- VERHOEVE, D., QUAGHEBEUR, D., DE SCHEPPER, H. & DE BRABANDER, K. (1981b). Berqing slib kanaal Gent-Terneuzen. Kwaliteit van het grondwater te Callemansputte (Zelzate). Brussel : Instituut voor Hygiëne en Epidemiologie (onuitgegeven rapport).
- VERTHE, J. Analysen van kanaalwater van 1969 tot 1982. Gent : Ebes Langerbrugge (tabellen).
- WARZEE, M. (1979a). Uitvoeren van uitloogproeven op assen voortkomend van de verbranding van baggerspecie. Sint-Genesius-Rode : Vereniging Vinçotte (rapport N66845H).
- WARZEE, M. (1979b). Bepaling van het gehalte aan organische produkten en onderzoek door digestie in 5N HNO<sub>3</sub> en extractie op verschillende pH van baggerspecie en residu voortkomend van de verbranding van deze baggerspecie. Sint-Genesius-Rode : Vereniging Vinçotte (rapport N66805N).
- WARZEE, M. (1979c). Ontledingen en testen i.v.m. het storten van verbrandingsresten van baggerspecie in de put van een oude zandgroeve te Lochristi. Sint-Genesius-Rode : Vereniging Vinçotte (rapport N67265N en N67355L).